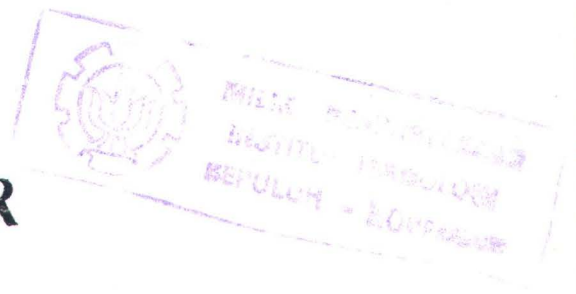


15.030/H/02



TUGAS AKHIR

STUDI TAHANAN KAPAL : PERBANDINGAN PERHITUNGAN KOMPONEN TAHANAN KAPAL MENGGUNAKAN RUMUSAN EMPIRIS DAN HASIL UJI MODEL



RSRe
623.81
Sal
S-1
2001

Disusun oleh :

AGUS SALIM
NRP. 4195 100 035

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2001

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	08/01/02
Terima Dari	41
No. Agenda	21.4424


**STUDI TAHANAN KAPAL : PERBANDINGAN PERHITUNGAN
KOMPONEN TAHANAN KAPAL MENGGUNAKAN RUMUSAN
EMPIRIS DAN HASIL UJI MODEL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Perkapalan
Pada**

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

**Mengetahui / Menyetujui,
Dosen Pembimbing**


Ir. I.K.A. Pria Utama, M.Sc., Ph.D.
Nip. 132 007 645




Digul Siswanto, M.Sc.
Nip. 130 355 299

**SURABAYA
AGUSTUS 2001**

LEMBAR PERSETUJUAN

REVISI TUGAS AKHIR

(KP 1701)

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama : Agus Salim

NRP : 4195 100 035

Judul Tugas Akhir :

**” STUDI TAHANAN KAPAL : PERBANDINGAN PERHITUNGAN
KOMPONEN TAHANAN KAPAL MENGGUNAKAN MENGGUNAKAN
RUMUSAN EMPIRIS DAN HASIL UJI MODEL ”**

Telah menyelesaikan revisi Tugas Akhir,

Surabaya, 10 Agustus 2001

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc,Ph.D

NIP : 132 007 645



Digul Siswanto, M.Sc

NIP : 130 355 299

STUDI TAHANAN KAPAL : PERBANDINGAN PERHITUNGAN KOMPONEN TAHANAN KAPAL MENGGUNAKAN RUMUSAN EMPIRIS DAN HASIL UJI MODEL

Oleh : Agus Salim

Dosen Pembimbing : 1. Ir. I.K.A.P. Utama M.Sc, Ph.D

2. Digul Siswanto, M.Sc

ABSTRAK

Pesatnya kemajuan dalam industri perkapalan akan berpengaruh pula terhadap bertambahnya masalah-masalah yang dihadapi oleh para perancang kapal. Salah satu masalah penting yang dihadapi oleh para perancang kapal adalah bagaimana mendesain suatu bentuk kapal yang memiliki tahanan optimal baik itu tahanan terhadap air ataupun tahanan terhadap udara. Banyak ahli dalam bidang hidrodinamika seperti Holtrop, Taylor, Froude, Hughes dan sebagainya berusaha untuk merumuskan metode perhitungan tahanan kapal yang baik dalam artian benar-benar memperhitungkan komponen-komponennya.

Dalam tugas akhir ini dilakukan perbandingan dari beberapa metode perhitungan tahanan kapal yaitu Metode Holtrop, Metode Modern MARIN , Metode Ekstrapolasi Froude serta Metode Hughes yang berupa modifikasi rumusan dasar dari Hughes dengan rumusan-rumusan dari Schoenherr, Prandtl, Hughes, ITTC, dan Geberris untuk rumusan koefisien tahanan geseknya, rumusan Scholz dan Granville untuk rumusan koefisien tahanan kekentalannya, dan rumusan Rassel dan Eggers untuk menghitung koefisien tahanan gelombang. Hasil perhitungan dari masing-masing metode tersebut dibandingkan dengan acuan data *Sea Trial*, untuk kemudian dianalisa. Kesimpulan secara umum dari tugas akhir ini yaitu bahwa metode yang paling baik dalam artian paling memperhitungkan komponen tahanan kapal adalah metode dari Hughes yang menghasilkan harga tahanan kapal yang paling kecil bila dibandingkan dengan hasil ketiga metode yang lain. Selisih hasil perhitungan tahanan yang besar dengan harga *Sea Trial* disebabkan kurangnya koreksi yang harus diterapkan pada hasil *Sea Trial*, di mana koreksi yang diterapkan hanya koreksi terhadap sarat kapal saja sehingga hasil *Sea Trial* memiliki harga yang besar.

**THE STUDY OF SHIP RESISTANCE : THE COMPARISON BETWEEN THE
CALCULATION OF SHIP RESISTANCE COMPONENTS WITH
AN EMPIRICAL FORMULAS AND A MODEL EXPERIMENT**

By : Agus Salim

Under the Supervision : 1. Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc, Ph.D

2. Digul Siswanto, M.Sc

ABSTRACT

The fast growing of shipping industries will cause the increasing of problems in the relative fields. One of the major problems for the ship designers is how to make a kind of ship with an optimum resistance both due to water and air. Many experts had tried to find better methods to calculate ship resistance. Holtrop, Hughes, Taylor, and others had made formulae that took into account the resistance components through experiments.

The current work compares the available resistance calculation methods from Holtrop, Modern MARIN, Froude's extrapolation, and Hughes method that modified other formulae such as Schoenherr, Prandtl, Hughes, ITTC, and Geberr's formulae to calculate the frictional resistance coefficient; Scholz and Granville formulae to calculate the viscosity resistance coefficient; and also Rassel and Geberr's formulae to calculate the wave resistance coefficient. The results are analyzed and compared with Sea Trial data. General conclusion from the work indicates that the Hughes Method is the best possible method to calculate ship resistance which has the lower value of resistance than others. The differences between the result of Hughes Method and the result of Sea Trial are caused by a correction factor that should be used in the Sea Trial result.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan, karena berkat rahmat serta hidayah-Nya akhirnya penulis mampu menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul :

STUDI TAHANAN KAPAL : PERBANDINGAN PERHITUNGAN KOMPONEN TAHANAN KAPAL MENGGUNAKAN RUMUSAN EMPIRIS DAN HASIL UJI MODEL

Shalawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, karena hanya Beliaulah satu-satunya pemberi syafa'at bagi kita semua.

Dalam kehidupan ini sudah pasti kita akan saling bergantung serta berinteraksi dengan sesama, demikian pula kiranya yang penulis rasakan sebelum dan selama penyusunan tugas akhir ini. Berbagai pihak telah banyak membantu, oleh sebab itu dalam kesempatan ini penulis ingin menghaturkan terima kasih khususnya kepada kedua orang tua dan Mbak Yuanah serta Mas Pramudianto beserta keluarga atas dukungan, bantuan, serta segenap perhatian yang telah diberikan kepada penulis. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Ir. Djauhar Manfaat , M.Sc, Ph.D selaku ketua jurusan teknik perkapalan
2. Bapak Ir. I.K.A.P. Utama , M.Sc , Ph.D selaku sekretaris jurusan teknik perkapalan sekaligus dosen pembimbing , atas arahan bimbingan dan kesabarannya selama penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Digul Siswanto , M.Sc selaku dosen pembimbing kedua atas arahan dan bimbingannya.

4. Bapak Ir. Murdijanto, M.Eng atas bimbingan dan nasehat-nasehatnya.
5. Bapak Ir. Mahardjo Wartono selaku mantan koordinator mata kuliah tugas rancang, atas arahan dan kerjasamanya.
6. Bapak M. Nurul Misbah S.T selaku koordinator mata kuliah tugas rancang, atas kerjasamanya.
7. Bapak-bapak dosen, seluruh staff dan pengajar di Jurusan Teknik Perkapalan.
8. Bapak Muryadin selaku staff di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia, atas bantuan dan arahannya.
9. Bapak Ulum selaku satpam di LHI , atas keramahannya.
10. Bapak Taufiq, Bapak Hendra, Bapak Agus dan Bapak Fathoni selaku staff di Divisi Teknik PT. PAL Indonesia, atas kesediannya dalam mencari data-data.
11. Bapak Bambang Sumarsono selaku staff di Quality Assurance PT. PAL Indonesia atas kesediannya dalam mencari data-data.
12. Teman-teman angkatan '95 baik yang sudah lulus maupun yang sedang berusaha lulus.
13. Teman-teman di Jurusan Teknik perkapalan semuanya, Vivat Kapal !
14. Sriyadi, Sigit, Rery, Yayan, Andri Karjo, Mohan, Cak Kandar, Guponk, Nasir-NU, Uju, Burhani, Priyo, Didik, Agung, Ifan, Dedy '94, Budi dan Hendrik (Sipil '97), dan seluruh teman-teman P-35 atas bantuan dan perhatiannya.
15. Mas Fauzan (Elektro '95), atas bantuan programnya.
16. Bapak Abdullah Bahreisy (kajian Kitab Hikam), atas siraman rohaninya.
17. Teman-teman Jama'ah Tabligh, atas targhib-nya.
18. Teman-teman Jama'ah Wahidiyah, atas dorongannya untuk membersihkan hati.
19. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang juga turut serta membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap kiranya tugas akhir ini dapat diterima serta bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya, serta tidak lupa penulis mohon saran serta kritik membangun demi perbaikan tugas akhir ini, sebab penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahandalam tugas akhir ini.

Surabaya, Agustus 2001

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan dan Manfaat	3
I.4. Batasan Masalah.....	3
I.5. Metodologi Penelitian	4
 BAB II. DASAR TEORI	
II.1. Pendahuluan	6
II.2. Metode Holtrop	8
II.3. Metode Hughes	9
II.4. Rumusan dari Laboratorium Uji Model	15
 BAB III. PERHITUNGAN TAHANAN DAN POWERING KAPAL	
III.1. Perhitungan Untuk Menganalisa Komponen Tahanan Kapal	19
III.2. Perhitungan Untuk Menganalisa Metode Perhitungan Tahanan Total Kapal Dengan Acuan Data Speed Trial	31
 BAB IV. ANALISA PERHITUNGAN	
IV.1. Analisa Komponen Tahanan Kapal	33
IV.2. Analisa Metode Perhitungan Tahanan Kapal	44
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1. Kesimpulan	50
V.2. Saran	52
 DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	

Daftar Tabel

	halaman
Tabel 1.1 Nilai faktor bentuk efektif untuk jenis appendages yang berbeda	A - 2
Tabel 2.1 Range variabel (C_p , L/B , dan B/T) yang akurat untuk beberapa jenis kapal	8
Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal Dengan Metode Holtrop untuk Kapal PB 1600	B - 1
Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 1600	B - 1
Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 1600	B - 2
Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 1600	B - 2
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Powering Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 1600	B - 2
Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Modern MARIN untuk Kapal PB 1600	B - 3
Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Ekstrapolasi Froude untuk Kapal PB 1600	B - 3
Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Holtrop untuk Kapal PB 400	B - 4
Tabel 3.9 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 400	B - 4
Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 400	B - 5
Tabel 3.11 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 400	B - 5
Tabel 3.12 Hasil Perhitungan Powering Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 400	B - 5
Tabel 3.13 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Modern MARIN untuk Kapal PB 400	B - 6
Tabel 3.14 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Ekstrapolasi Froude untuk Kapal PB 400	B - 6

	halaman
Tabel 3.15 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Holtrop untuk Kapal Tanker 17500	B - 7
Tabel 3.16 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Tanker 17500	B - 7
Tabel 3.17 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal PB 1600	B - 8
Tabel 3.18 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Tanker 17500	B - 8
Tabel 3.19 Hasil Perhitungan Powering Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Tanker 17500	B - 8
Tabel 3.20 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Modern MARIN untuk Kapal Tanker 17500	B - 9
Tabel 3.21 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Ekstrapolasi Froude untuk Kapal Tanker 17500	B - 9
Tabel 3.22 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Holtrop untuk Kapal Pass 500	B - 10
Tabel 3.23 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Pass 500	B - 10
Tabel 3.24 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal dengan Metode Hughes untuk Pass 500	B - 11
Tabel 3.25 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Pass 500	B - 11
Tabel 3.26 Hasil Perhitungan Powering Kapal dengan Metode Hughes untuk Kapal Pass 500	B - 11
Tabel 3.27 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Modern MARIN untuk Kapal Pass 500	B - 12
Tabel 3.28 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Ekstrapolasi Froude untuk Kapal Pass 500	B - 12
Tabel 3.29 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Beberapa Metode dan Hasil Sea Trial untuk Kapal PB 1600	B - 12
Tabel 3.30 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dengan Beberapa Metode dan Hasil Sea Trial untuk Kapal PB 400	B - 12

DAFTAR GRAFIK

	halaman
Grafik 4.1 Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal PB 1600	32
Grafik 4.2 Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal PB 400	33
Grafik 4.3 Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal Tanker 17500	34
Grafik 4.4 Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal Pass 500	34
Grafik 4.5 Hubungan antara C_V dengan F_n untuk Kapal PB 1600	35
Grafik 4.6 Hubungan antara C_V dengan F_n untuk Kapal PB 400	36
Grafik 4.7 Hubungan antara C_V dengan F_n untuk Kapal Tanker 17500	36
Grafik 4.8 Hubungan antara C_V dengan F_n untuk Kapal Pass 500	37
Grafik 4.9 Hubungan antara C_W dengan F_n untuk Kapal PB 1600	38
Grafik 4.10 Hubungan antara C_W dengan F_n untuk Kapal PB 400	39
Grafik 4.11 Hubungan antara C_W dengan F_n untuk Kapal Tanker 17500	39
Grafik 4.12 Hubungan antara C_W dengan F_n untuk Kapal Pass 500	40
Grafik 4.13 Hubungan antara Tahanan Kapal dengan Angka Froude untuk Lima Metode pada Kapal PB 1600	42
Grafik 4.14 Hubungan antara Tahanan Kapal dengan Angka Froude untuk Lima Metode pada Kapal PB 400	43

Daftar Gambar

	halaman
Gambar 1. Tampilan Awal Program Perhitungan Tahanan Kapal	C - 1
Gambar 2. Tampilan Input untuk Metode Holtrop	C - 2
Gambar 3. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan dengan Metode Holtrop	C - 2
Gambar 4. Tampilan Input untuk Metode Hughes	C - 3
Gambar 5. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan dengan Metode Hughes	C - 3
Gambar 6. Tampilan Input untuk Metode Modern MARIN	C - 4
Gambar 7. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan dengan Metode Modern MARIN	C - 4
Gambar 8. Tampilan Input untuk Metode Ekstrapolasi Froude	C - 5
Gambar 9. Tabel dan Grafik Hasil Perhitungan dengan Metode Ekstrapolasi Froude	C - 5

DAFTAR SIMBOL

a	m	tinggi gelombang
A_T	m^2	luas transom yang tercelup air
B	m	lebar kapal
c	-	koeffisien bentuk spesifik dari bagian belakang kapal
C_A	-	faktor koreksi karena adanya tonjolan-tonjolan pada badan kapal
C_B	-	koeffisien blok
C_F	-	koeffisien tahanan gesek
C_M	-	koeffisien penampang tengah kapal
C_P	-	koeffisien prismatic
C_{RES}	-	koeffisien tahanan residu
C_T	-	koeffisien tahanan total
C_V	-	koeffisien tahanan kekentalan
C_W	-	koeffisien tahanan gelombang
d	m	lebar kapal menurut rumusan Scholz
e	-	bilangan dasar logaritma ($e = 2,7183$)
F_D	$kg\ m/s^2$	efek skala
F_n	-	Angka Froude
F_{nm}	-	Angka Froude model
F_{ns}	-	Angka Froude kapal
g	m/s^2	percepatan gravitasi
hB	m	tinggi centroid dari luas ABT di atas base line
iE	derajat	setengah sudut masuk dari garis air penuh
L_m	m	panjang model
L_R	m	panjang operasional
L_{wl}	m	panjang kapal diukur pada sarat air penuh
R_n	-	Angka Reynold
R_{nm}	-	Angka Reynold model
R_{ns}	-	Angka Reynold kapal
R_T	kN	tahanan total kapal
R_{Tm}	N	tahanan total model

R_w/W	kN/ton	tahanan gelombang per berat kapal
$Stot$	m^2	luas permukaan basah dari lambung kapal (WSA)
T	m	sarat kapal
T_a	m	sarat pada bagian belakang kapal
T_f	m	sarat pada bagian depan kapal
V_{disp}	m^3	Volume dari bagian kapal yang tercelup air
V_m	m/s	kecepatan model
V_s	knot	kecepatan kapal
W	ton	berat kapal
δ	-	sudut divergen dari centerline pada waterline (diambil = $19,5^\circ$)
γ_B	m	jari-jari efektif dari bulb
λ	-	skala model terhadap kapal
ν	m^2/s	viskositas kinematis dari fluida
ν_m	m^2/s	viskositas kinematis air tawar di tangki percobaan
ν_s	m^2/s	viskositas kinematis air laut
ρ	kg/m^3	massa jenis fluida
ρ_m	kg/m^3	massa jenis air tawar di tangki percobaan
ρ_s	kg/m^3	massa jenis air laut
$(1+k)$	-	faktor bentuk kapal

BAB I PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Dengan semakin pesatnya kemajuan dalam bidang industri perkapalan, akan bertambah pula masalah-masalah yang dihadapi oleh para perancang kapal modern saat ini. Masalah-masalah dalam perencanaan kapal semakin bertambah dengan adanya tuntutan untuk dapat membuat kapal yang efisien dalam segala hal baik dari segi teknis maupun ekonomisnya.

Salah satu masalah dari perancang kapal adalah bagaimana mendesain suatu bentuk kapal yang akan memiliki tahanan kapal yang optimal baik itu tahanan terhadap air ataupun tahanan terhadap udara. Desain kapal dengan tahanan yang optimal ini (tidak terlalu besar/kecil) akan menghasilkan perkiraan tenaga penggerak kapal yang optimal pula, sehingga dapat dihindari terjadinya perhitungan tenaga penggerak kapal yang terlalu besar dalam artian pemakaian tenaga penggerak kapal kurang efektif, atau perhitungan tenaga penggerak kapal yang terlalu kecil yang akan mengakibatkan kecepatan kapal yang ada tidak sesuai dengan yang direncanakan.

Usaha untuk menghitung tahanan kapal telah banyak dilakukan oleh para ahli di bidang tersebut seperti Froude, Taylor, Hughes dan sebagainya yang melakukannya dengan bantuan hasil percobaan model kapal yang mereka lakukan. Metode-metode untuk menentukan tahanan kapal juga semakin berkembang seiring dengan ditemukannya faktor-faktor baru yang mempengaruhi perhitungan tahanan tersebut. Penelitian terhadap perhitungan tahanan kapal tersebut terus

dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketelitian hasil hingga semaksimal mungkin.

Walaupun secara teoritis metode-metode perhitungan terhadap tahanan kapal cukup banyak, tetapi hal ini masih belum dapat menjamin diperolehnya hasil perhitungan tahanan kapal yang sesuai dengan praktek/kenyataan yang ada. Hal ini terjadi karena masing-masing metode didapatkan dengan jalan percobaan model kapal di tangki percobaan dengan kondisi yang berbeda-beda baik itu dari segi fasilitas tangki, kondisi pada saat percobaan, ataupun jenis dari model kapal yang dibuat. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu studi perbandingan dari metode-metode yang ada tersebut sehingga dapat diketahui metode-metode yang sesuai untuk diterapkan pada kondisi yang ada. Dengan mengetahui metode yang tepat untuk diterapkan pada kondisi yang ada maka akan didapatkan hasil perhitungan tahanan dan powering kapal yang lebih akurat.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Masalah-masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini yaitu :

- Apakah metode-metode yang ada sudah benar-benar memperhitungkan komponen-komponen tahanan kapal ?
- Apakah kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode tersebut ?
- Parameter-parameter apakah yang mempengaruhi keakuratan dari masing-masing metode tersebut ?

I.3. TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah didapatkan perbandingan dari metode-metode yang ada tentang kelebihan dan kekurangannya, serta alasan kenapa metode tersebut kurang akurat baik dalam perhitungannya maupun dalam pemakaiannya.

Manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

- Mengetahui metode mana yang terbaik dalam menentukan besarnya tahanan kapal dengan acuan hasil sea trial kapal yang didapatkan.
- Diperoleh perkiraan tenaga penggerak kapal yang lebih akurat.
- Dengan diketahuinya parameter-parameter yang mempengaruhi keakuratan masing-masing metode tersebut, akan dapat dilakukan perbaikan-perbaikan terhadap metode yang sudah ada bila memungkinkan.

I.4. BATASAN MASALAH

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan dari beberapa metode untuk menghitung tahanan kapal yang meliputi :

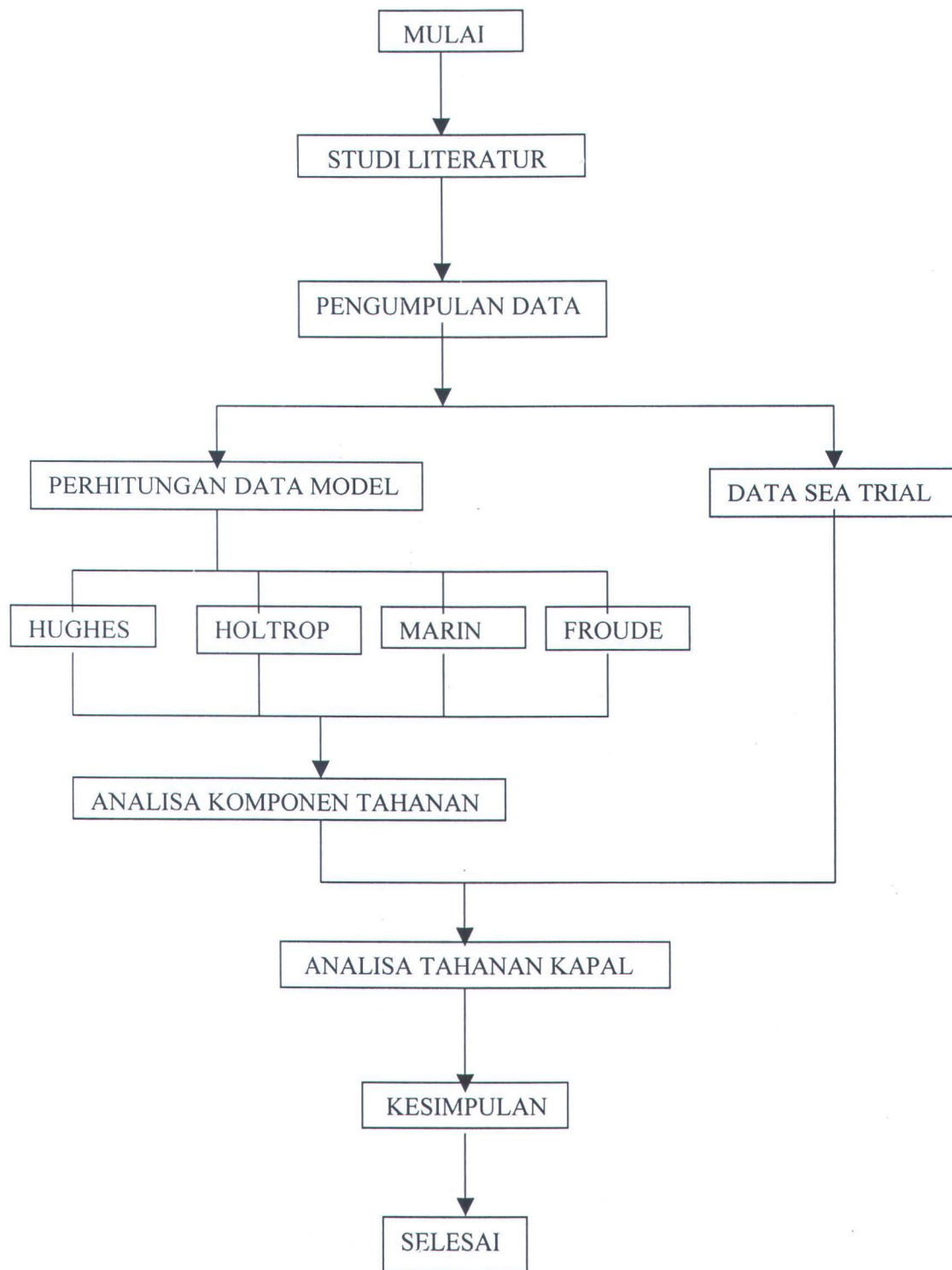
- Metode Holtrop
- Rumusan empiris dari Hughes yang akan dipengaruhi juga oleh rumusan-rumusan dari Schoenherr, Geberr, Hughes, Prandtl-Schlichting dan ITTC.
- Metode perhitungan tahanan dilakukan di Towing tank yang terdapat di LHI Surabaya dan MARIN Belanda.
- Data sea trial dari data kapal yang digunakan dalam perhitungan di atas sebagai acuan hasil perhitungan.

I.5. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun Proses pengerjaan dari tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Mencari dan mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan tahanan kapal , baik itu yang langsung digunakan sebagai referensi ataupun yang merupakan literatur penunjang.
- Mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan, diantaranya : data model kapal dan hasil uji model kapal disertai data speed trial kapal tersebut sebagai data acuan.
- Mengolah data-data yang ada dengan rumusan-rumusan tahanan kapal dari Holtrop, Hughes, MARIN dan Froude. Di mana untuk rumusan Hughes merupakan gabungan dari rumusan-rumusan untuk menghitung komponen tahanan kapal seperti : rumusan Schoenherr, Prandtl, ITTC, Hughes dan Geberrrs untuk menghitung komponen tahanan gesekan (C_F), rumusan Scholz dan Granville untuk menghitung komponen tahanan kekentalan (C_V) serta rumusan Rassel dan Eggers untuk menghitung komponen tahanan gelombang (C_W).
- Menganalisa hasil perhitungan komponen tahanan kapal yang diperoleh dari rumusan Holtrop, Hughes, MARIN dan Froude.
- Menganalisa hasil perhitungan tahanan kapal yang diperoleh dari rumusan Holtrop, Hughes, MARIN dan Froude dengan acuan data Speed Trial dari masing-masing kapal.
- Menyimpulkan hasil dari analisa yang telah dilakukan disertai dengan saran yang bermanfaat bagi pengembangan penelitian.

Selanjutnya proses pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada bagan di bawah ini :



BAB II

DASAR TEORI

II.1. Pendahuluan

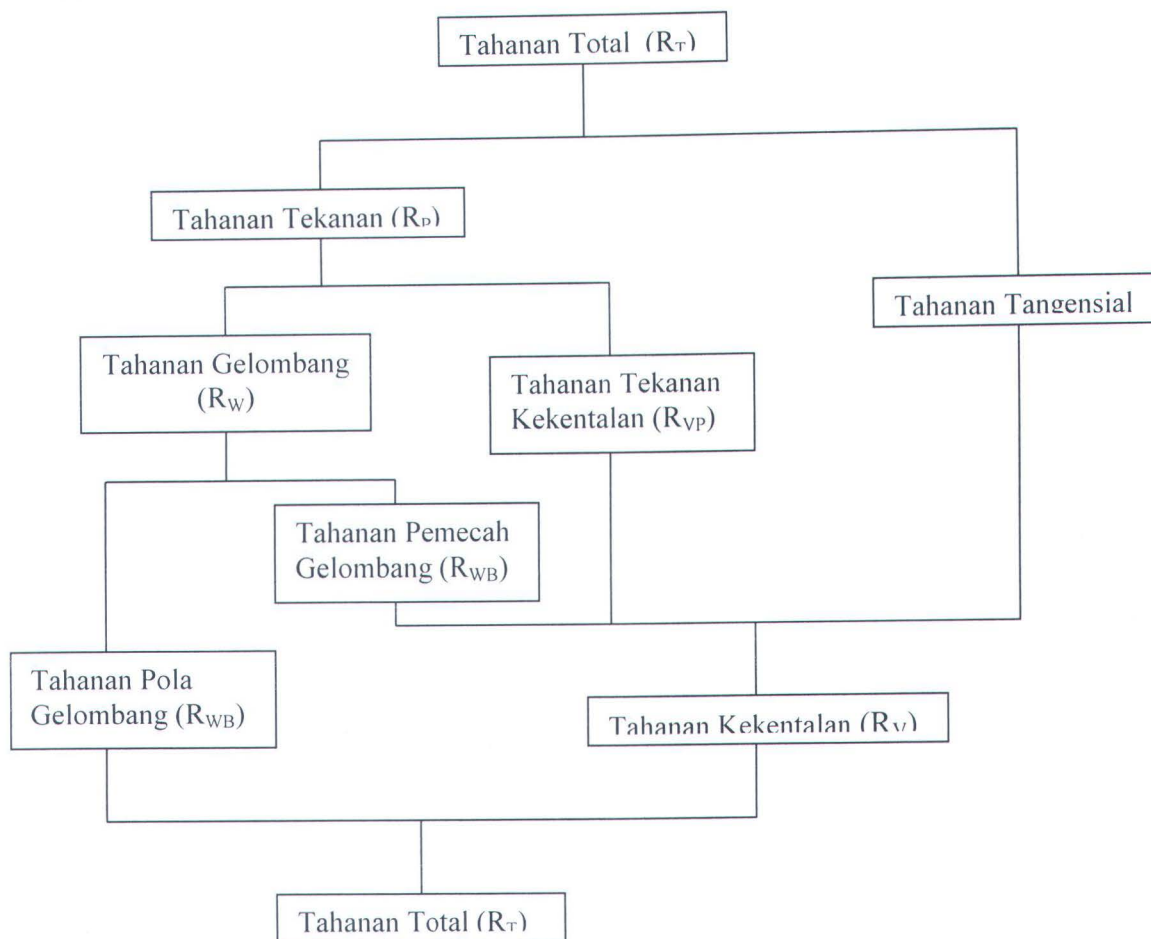
Tahanan kapal pada suatu kecepatan adalah suatu gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan laju kapal. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan laju kapal. Dalam merencanakan sebuah kapal selalu diupayakan untuk mendapatkan suatu bentuk kapal dengan tahanan kapal yang sekecil mungkin, sebab hal ini berarti pemakaian tenaga kuda yang lebih hemat, yang mengakibatkan penghematan bahan bakar dan pengurangan berat mesin penggerak kapal sehingga daya muat kapal tersebut dapat bertambah.

Secara umum tahanan yang bekerja pada suatu kapal dapat dijabarkan menjadi empat komponen utama serta komponen tambahan sebagai berikut:

- a. Tahanan gesekan (*the frictional resistance*), yang disebabkan dari gerakan kapal di dalam fluida yang mempunyai kekentalan.
- b. Tahanan gelombang (*the wave making resistance*), yang disebabkan karena pengeluaran energi secara kontinyu oleh kapal terhadap sistem gelombang yang dihasilkan pada permukaan air.
- c. Tahanan tekanan (*Eddy separation resistance*), yang berupa pengurangan energi untuk membentuk ulekan air di buritan kapal.
- d. Tahanan udara (*air resistance*), yang disebabkan karena adanya bagian badan kapal yang bergerak di atas permukaan air.

- e. Tahanan dari bagian yang menonjol dari badan kapal (misalnya bossing, shaft, shaft struts, bilge keel, rudder dan lain-lain)

Tahanan gelombang dan tahanan tekanan dalam suatu perhitungan secara umum disebut sebagai tahanan sisa (*Residuary resistance*). Selanjutnya pembagian tahanan ke dalam komponen-komponennya di atas dapat disederhanakan menjadi bagan/skema di bawah ini:



Bagan 2.1 Pembagian Komponen Tahanan Kapal

Dalam perhitungan tahanan kapal terdapat berbagai macam metode yang dikemukakan oleh pakar-pakar hidrodinamika seperti : Hughes, Froude, Prandtl, Schoenherr dsb.

Mereka mengemukakan metodenya dengan berdasar pada hasil uji model yang mereka lakukan. Pada kenyataannya hasil uji model ini akan sangat bervariasi karena dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti : kondisi pada saat percobaan, jenis model kapal yang dibuat, peralatan yang ada di laboratorium tersebut dan sebagainya, sehingga perlu adanya suatu studi perbandingan dari metode-metode tersebut agar dapat diketahui metode mana yang terbaik dalam artian benar-benar memperhitungkan komponen-komponen tahanan kapal.

II.2. Metode Holtrop

Holtrop (Lewis, 1988), mengemukakan hasil analisa statistik dari hasil test tahanan dan propulsi dari 191 model dengan jenis/type yang bervariasi dari kapal pengangkut (*ship carried*) yang dilakukannya di laboratorium uji model MARIN Belanda. Holtrop menyimpulkan bahwa untuk 95 % dari percobaan yang dilakukannya menghasilkan formula yang cukup akurat (dalam preliminary design) jika range dari variabelnya seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Range variabel (Cp, L/B, B/T) menurut Jenis Kapal

Tipe Kapal	Maks.	Cp		L/B		B/T	
	Fn	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Bulk Carrier (Samudera), Tanker	0,24	0,73	0,85	5,10	7,10	2,40	3,20
Trawler, Tugs, Coaster	0,38	0,55	0,65	3,90	6,30	2,10	3,00
Container, Destroyer Types	0,45	0,55	0,67	6,00	9,50	3,00	4,00
Cargo Liners	0,30	0,56	0,75	5,30	8,00	2,40	4,00
Roll on-Roll off, Car Ferries	0,35	0,55	0,67	5,30	8,00	3,20	4,00

Rumusan Tahanan Total menurut Holtrop :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Stot [C_F (1+k) + C_A] + R_w/W \cdot W \quad (1)$$

di mana :

- ρ = massa jenis fluida (kg / m^3)
- V = kecepatan kapal (m / sec)
- $Stot$ = total luas permukaan basah dari lambung dan tonjolan-tonjolan
(*appendages*) (m^2)
- C_F = koefisien Tahanan gesek
- C_A = faktor koreksi yang disebabkan adanya perbedaan antara bentuk model
dan bentuk kapal sebenarnya yaitu adanya tonjolan-tonjolan pada
badan kapal sebenarnya yang tidak terdapat pada badan model
(*correlation allowance*).
- $(1+k)$ = faktor bentuk
- R_w/W = tahanan pembentuk gelombang per berat kapal (kN/ton)
- W = berat kapal (ton)

Rumusan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A .

II.3. Metode Hughes

Pada 1954 G. Hughes mengemukakan suatu hukum yang mengatur tahanan benda simetris yang mempunyai bentuk mengikuti garis aliran (*streamlined*) di dalam aliran turbulen ketika benda tersebut ditarik dengan sudut

datang nol di dalam fluida tanpa pembatas. Hukum tersebut adalah sebagai berikut (Harvald,1983) :

“Tahanan spesifik rata-rata suatu benda adalah rasio konstan tahanan spesifik suatu permukaan yang mempunyai rasio aspek yang tak berhingga pada angka Reynolds yang sama. Rasio tersebut tidak tergantung pada angka Reynolds dan hanya tergantung pada bentuk benda itu .”

Selanjutnya dengan menggunakan hukum tersebut, Hughes merumuskan tahanan kapal sebagai berikut :

$$R_{TS} = C_T (\frac{1}{2} \rho V^2 S_s) \quad (2)$$

di mana :

R_{TS} = tahanan total kapal (kN)

- C_T = koefisien Tahanan total kapal

$$= C_F (1+k) + C_w$$

$$= C_v + C_w \quad (3)$$

- C_F = koefisien Tahanan gesek

- C_v = koefisien Tahanan kekentalan

- C_w = koefisien Tahanan gelombang

Dalam tugas ini akan dibahas perbandingan dari komponen-komponen tahanan kapal seperti C_F , C_v , dan C_w yang dihitung dengan menggunakan rumusan-rumusan empiris yang diusulkan oleh beberapa ahli, diantaranya :



II.3.1. Rumusan C_F

a. Rumusan Schoenherr (Harvald, 1983)

Koeffisien tahanan gesekan ini adalah hasil analisa dari berbagai percobaan dengan pelat datar dalam aliran turbulen yang dilakukan oleh Schoenherr pada tahun 1932. Dari hasil analisa ini Schoenherr mendapatkan suatu formula sebagai berikut :

$$\frac{0,242}{(C_F)^{0.5}} = \log_{10} (R_n \cdot C_F) \quad (4)$$

b. Rumusan Hughes (Harvald, 1983)

Analisa ini merupakan hasil percobaan tahanan pada beberapa plank dan ponton dengan panjang hingga 255 feet. Rumusan yang diusulkannya sebagai berikut :

$$C_F = \frac{0,066}{(\log_{10} R_n - 2,03)^2} \quad (5)$$

c. Rumusan ITTC (Harvald, 1983)

Koeffisien tahanan gesekan untuk model dan kapal-kapal yang halus menurut persetujuan ITTC 1957 ditentukan dengan rumusan sebagai berikut :

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2} \quad (6)$$

Penyelidikan ini tidak dikembangkan dari test pelat datar tetapi dengan menggunakan data model dan kapal.

d. Rumusan Prandtl-Schlichting (Rassel & Chapman, 1962)

Suatu rumusan dengan type yang sama dan memberikan hasil yang mendekati nilai Schoenherr diusulkan oleh Prandtl-Schlichting dan beberapa kali digunakan di Hamburg Tank.

Rumusan tersebut yaitu :

$$C_F = \frac{0,455}{(\log_{10} Rn)^{2,68}} \quad (7)$$

e. Rumusan Gebers (Rassel & Chapman, 1962)

Gebers (1920) mengemukakan rumusan yang diperolehnya dari percobaan menggunakan pelat datar dengan wedge (bentuk potongan melintang) yang kecil, permukaan yang sehalus mungkin, serta pelaksanaan percobaan hanya pada saat permukaan air dalam tangki percobaan benar-benar tenang. Rumusan yang diusulkannya sebagai berikut :

$$C_F = 0,02058 \cdot (Rn)^{-1/8} \quad (8)$$

II.3.2. Rumusan C_v (koefisien tahanan kekentalan)

a. Rumusan Scholz (Gillmer & Johnson, 1982)

$$\frac{C_v}{C_F} = 1 + 0,5 \cdot d/L + 3 \cdot (d/L)^3 \quad (9)$$

di mana :

- d = diameter maksimum dari benda atau Lebar kapal. (m)
- L = panjang benda atau L_{wl} kapal. (m)

b. Rumusan Granville (Gillmer & Johnson, 1982)

$$\frac{C_v}{C_F} = 1 + 33,8 \cdot C_B^2 \cdot (B/L)^2 \cdot (T/B) \quad (10)$$

kedua rumusan di atas (Scholz dan Granville) mengacu pada garis acuan Schoenherr.

II.3.3. Rumusan C_w (Rassel & Chapman, 1962)

a. Rumusan yg digunakan di Stevens Experimental Towing Tank

$$R_{waves} = \frac{\rho \cdot B \cdot a (V + V_w)^2}{\pi} \cdot (1 - \cos \delta) \quad (11)$$

di mana :

- B = lebar kapal (m)
- a = tinggi gelombang (m)

- V = kecepatan kapal (m/sec)
- V_w = kecepatan gelombang (m/sec)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
- δ = sudut divergen dari centerline pada waterline

Rumusan ini digunakan dengan asumsi moderate pitching dan gelombang yang terjadi tidak memecah di daerah bangunan atas. Rumusan hanya berfungsi jika data gelombang yang ada diketahui, sehingga rumusan ini lebih berguna untuk mempelajari tahanan gelombang daripada untuk memperkirakan nilai rata-rata tahanan gelombang yang diijinkan pada tahap desain.

b. Rumusan Eggers (Insel, 1987)

$$R_w = \frac{\rho \cdot g \cdot W}{4} \cdot \left\{ \left(\xi_o^2 + \eta_o^2 \right) \cdot \frac{[1 - 2 \text{KoH}]}{\text{Sinh}(2\text{KoH})} + \frac{\sum (\xi_n^2 + \eta_n^2) [1 - \cos^2 \theta_{n/2} (1 + 2\text{KnH})]}{\text{Sinh}(2\text{KnH})} \right\} \quad (12)$$

Rumusan ini menggunakan dasar thin ship theory dengan asumsi sebagai berikut :

Aliran fluida tanpa kekentalan (*inviscid*), aliran yang ada tidak berubah terhadap waktu (*steady*), dan tinggi gelombang yang terjadi relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan panjang gelombangnya.

II.4. Rumusan dari Laboratorium Uji Model

a. Metode klasik dari Froude

Metode ini menggunakan cara tidak langsung yaitu dengan menggunakan pertolongan koefisien tahanan spesifik (C_T). Metode ini sering disebut dengan metode ekstrapolasi Froude. Garis besar dari metode ekstrapolasi Froude adalah sebagai berikut :

- Dari test model di tangki percobaan didapatkan R_{tm}

$$- C_{tm} = \frac{R_{tm}}{\frac{1}{2} \cdot \rho_m \cdot V_m^2 \cdot S_m}$$

$$- C_{fm} = \frac{0,075}{(\log_{10} R_{nm} - 2)^2}$$

$$- C_{rm} = C_{rs} = C_{tm} - C_{fm}$$

$$- C_{fs} = \frac{0,075}{(\log_{10} R_{ns} - 2)^2}$$

$$- C_{ts} = C_{rs} + C_{fs}$$

$$- R_{ts} = C_{ts} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho_s \cdot V_s^2 \cdot S_s \right)$$

Dalam praktek perhitungannya, perlu ditambahkan faktor koreksi (*Correlation Allowance*), untuk mengatasi pengaruh-pengaruh yang tidak dipertimbangkan di dalam asumsi Froude.

Koefisien tahanan spesifik dari Froude menjadi :

$$- C_{ts} = C_{fs} + C_{tm} - C_{fm} + C_a$$

b. Laboratorium Hidrodinamika Indonesia (LHI) Surabaya

Metode yang digunakan di LHI adalah metode modern dari MARIN (modern MARIN Methode) yang dikembangkan oleh Lab. MARIN pada tahun 1972 – 1974. Metode ini merupakan pengembangan dari metode ITTC 1978 , yang memperhitungkan pengaruh dari faktor bentuk pada perhitungan efek skala (*scale effect*) dan gaya tarikan (*towing force*) .

Efek skala (F_D) kemudian dirumuskan sebagai berikut :

$$F_D = 0,5 \cdot \rho_m \cdot V_m^2 \cdot S_m \cdot ((1+k) \cdot (CF_m - CF_s) - \rho_m / \rho_s \cdot C_A)$$

Faktor skala ini kemudian digunakan dalam menghitung tahanan kapal yang sebenarnya (R_s)

Yaitu :

$$R_s = (R_m - F_D) \cdot \lambda^3 \cdot \rho_s / \rho_m$$

di mana :

- R_m = tahanan total model (kN)
- ρ_m = massa jenis air tawar dalam tangki percobaan (kg / m³)
- ρ_s = massa jenis air laut (kg / m³)
- λ = faktor skala kapal terhadap model.

BAB III
PERHITUNGAN TAHANAN DAN POWERING KAPAL

Berikut ini merupakan perhitungan untuk menentukan tahanan dan daya kapal dari beberapa data kapal (empat kapal dengan jenis yang berbeda). Perhitungan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yang ada diantaranya : Holtrop, Hughes dan metode yang dipakai pada laboratorium uji model , yaitu metode klasik dari Froude dan metode modern dari MARIN. Jenis kapal beserta data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

A. "SAM RATULANGI" PB 1600				
Lwl	=	164,56	m	
Breadth	=	27,5	m	
T	=	5,3377	m	
WSA (S1)	=	4297,9	m ²	
CB	=	0,6028		
CP	=	0,6191		
CM	=	0,9736		
V disp. (Δ)	=	14799,64	m ³	
W	=	15169,63	ton	
λ	=	27,68	(scale ratio)	

B. "MH. THAMRIN" PB 400

Lwl	=	103,70	m
Breadth	=	18,5	m
T	=	3,85	m
WSA (S1)	=	1849,90	m ²
CB	=	0,6350	
CP	=	0,6472	
CM	=	0,9812	
V disp. (Δ)	=	4614,00	m ³
W	=	4729,35	ton
λ	=	17,65	(scale ratio)

C. "MT. PALU SIPAT" Tanker 17500

Lwl	=	156,70	m
Breadth	=	26,80	m
T	=	7,00	m
WSA (S1)	=	5371,80	m ²
CB	=	0,8094	
CP	=	0,8169	
CM	=	0,9908	
V disp. (Δ)	=	23410,73	m ³
W	=	23996,00	ton
λ	=	25,76	(scale ratio)

D. "KM. WILIS" Passenger Vessel Type 500

Lwl	=	70,33	m
Breadth	=	15,2	m
T	=	2,85	m
WSA (S1)	=	1101	m ²
CB	=	0,6890	
CP	=	0,7008	
CM	=	0,9832	
V disp. (Δ)	=	2081,00	m ³
W	=	2133,025	ton
λ	=	10,79	(scale ratio)

III.1. Perhitungan Untuk Menganalisa Komponen Tahanan Kapal

Perhitungan ini dilakukan untuk menganalisa komponen tahanan kapal seperti C_F (koefisien Tahanan Gesekan), C_V (koefisien Tahanan Kekentalan), dan C_W (koefisien Tahanan Gelombang) yang didapatkan dengan penggunaan metode perhitungan tahanan kapal dari Holtrop, Hughes, Froude dan MARIN. Untuk penggunaan metode klasik Froude dan metode modern MARIN diperlukan data tahanan total model (R_{Tm}) untuk mendapatkan tahanan total kapal yang sebenarnya. Oleh sebab itu dalam perhitungan ini digunakan range kecepatan yang berbeda-beda menurut jenis kapal dan data model yang tersedia.

III.1.1. Palwa Buwana 1600

Perhitungan dilakukan pada range kecepatan 17 sampai 21 knot. Berikut ini diambil satu contoh perhitungan untuk kecepatan kapal 17 knot.

A. Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Holtrop

Rumus tahanan total (R_T) menurut Holtrop :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Stot \cdot \{ C_F (1+k) + C_A \} + \frac{R_w \cdot W}{W}$$

Di mana :

$Stot$ = total luas permukaan lambung dan tonjolan-tonjolan (*appendages*)

$$= WSA + Sapp = S1$$

$$= 4297,9 \quad m^2$$

V = kecepatan kapal (m/s)

$$= 17 \text{ knot} = 8,745 \quad m/s$$

C_F = koefisien gesek menurut ITTC

$$= \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

dengan :

$$Rn = \frac{V \times Lwl}{\nu} \quad (\nu = \text{koeff.kinematis air laut pada temperatur } 30^\circ C)$$

$$\nu = 8,530 \times 10^{-7} \quad m^2/sec)$$

$$= \frac{8,745 \times 164,56}{8,530 \times 10^{-7}}$$

$$= 1,69E + 09$$

$$= 1,69E + 09$$

$$\log Rn = 9,227$$

$$CF = \frac{0,075}{(9,227 - 2)^2}$$

$$CF = 0,001436$$

(1+k) = Nilai yang berhubungan dengan faktor bentuk

$$= 1,149 \quad \{ \text{diambil dari data model} \}$$

CA = Correlation Allowance (Nilai yang berhubungan dengan model kapal)

$$= 0,00049$$

Rw / W = tahanan pembentuk gelombang per berat kapal

$$= C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m1 \cdot Fn)^d + m2 \cdot \cos(\lambda \cdot Fn^{-2})}$$

di mana :

$$\begin{aligned} Fn &= V / (g \cdot Lwl)^{0.5} \\ &= 8,745 / (9,81 \cdot 164,56)^{0.5} \\ &= 0,21765 \end{aligned}$$

* Untuk $Fn < 0.4$ maka :

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3,7861} \cdot (T/B)^{1,0796} \cdot (90 - iE)^{-1,3757}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} C_4 &= B / L \\ &= 27,5 / 164,56 \\ &= 0,1671 \quad (\text{untuk } 0,11 < B/L < 0,25) \end{aligned}$$

iE = setengah sudut masuk garis air

$$= 15 \quad \text{derajat}$$

$$T/B = 5,3377 / 27,5$$

$$= 0,1941$$

sehingga,

$$\begin{aligned} C_1 &= 2223105 \cdot (0,1844)^{3,7861} \cdot (0,3191)^{1,0796} \cdot (90 - 15)^{-1,3757} \\ &= 1,1403 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 &= \text{koefisien yang merupakan fungsi dari bulb} \\ &= 1 \quad (\text{tanpa menggunakan bulb}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_3 &= \text{koeffisien akibat pengaruh transom di belakang terhadap tahanan} \\ &\quad \text{gelombang.} \\ &= 1 - (0,8 \cdot A_T / B \cdot T \cdot C_m) \\ &= 1 \quad (\text{luas bagian transom yg tercelup air saat} \\ &\quad \text{diam adalah nol}) \end{aligned}$$

$$d = -0,9$$

$$m_1 = (0,01404 \cdot L/T) - (1,7525 \cdot \Delta^{1/3}/L) - (4,7932 \cdot B/L) - C_5$$

dengan :

$$\begin{aligned} C_5 &= 8,0798 \cdot C_p - 13,8673 \cdot C_p^2 + 6,9844 \cdot C_p^3 \quad (\text{untuk } C_p < 0,8) \\ &= 1,34442 \end{aligned}$$

sehingga,

$$m_1 = -1,9740$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0,4 \cdot e^{-0,034 \cdot Fn^{3,29}}$$

dengan :

$$\begin{aligned} L^3 / \Delta &= (164,56)^3 / 14799,64 \\ &= 301,1076 \end{aligned}$$

$$C_6 = -1,69385 \quad (\text{untuk } L^3 / V < 512)$$

e = bilangan dasar logaritma (e bernilai = 2,7183)

Sehingga,

$$m_2 = -0,0040013$$

$$\lambda = 1,446 \cdot C_p - 0,03 \cdot L/B$$

$$= 0,7157 \quad (\text{untuk } L/B < 12)$$

Maka nilai tahanan pembentuk gelombang per berat kapal nya adalah

$$\begin{aligned} R_W/W &= C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 \cdot F_n)^d + m_2 \cdot \cos(\lambda \cdot F_n^{-2})} \\ &= 1,1403 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (2,7183)^{-1,974 \cdot (0,21765)^{-0,9} + -0,0040013 \cos(0,7157 \cdot (0,21765)^{-2})} \\ &= 0,00047481 \end{aligned}$$

Tahanan Total (R_T) adalah :

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{1}{2} \cdot r \cdot V^2 \cdot Stot \cdot [C_F(1+k) + C_A] + R_W/W \cdot W \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,025 \cdot (8,745)^2 \cdot 4297,9 \cdot [(0,001436 \cdot 1,149) + 0,00049] \\ &\quad + (0,00047481 \cdot 15169,53) \\ &= 367,647 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_E = R_T \cdot V = 3214,996 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan tahanan dan powering kapal dengan metode Holtrop selengkap nya dapat dilihat pada Tabel 3.1 pada lampiran B.

B. Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Hughes

Rumus Tahanan Total menurut Hughes :

$$RTs = C_T \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot S_s \right)$$

Di mana :

$$C_T = C_V + C_W$$

$$C_T = (1+k) \cdot C_F + C_W$$

Perhitungan dilakukan dengan menghitung nilai-nilai C_F , C_V , dan C_W dengan menggunakan beberapa metode yang ada. Data yang digunakan adalah data kapal PB 1600 seperti di atas dengan range perhitungan 17 sampai 21 knot. Di bawah ini diambil satu contoh perhitungan untuk kecepatan kapal 17 knot.

a. Perhitungan Koefisien Tahanan Gesek (C_F)

(i). Dengan menggunakan rumusan C_F Prandtl-Schlichting

$$C_F = \frac{0,455}{(\log_{10} Rn)^{2,68}}$$

$$C_F \text{ Prandtl} = 1,179 \times 10^{-3}$$

(ii). Dengan menggunakan rumusan C_F Hughes

$$C_F = \frac{0,067}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

$$C_F \text{ Hughes} = 1,283 \times 10^{-3}$$

(iii). Dengan menggunakan rumusan C_F Schoenherr

$$\frac{0,242}{(C_F)^{0,5}} = \log_{10} (Rn \cdot C_F)$$

Perhitungan dilakukan dengan teknik trial and error hingga nilai C_F sama. Untuk memudahkan perhitungan, maka nilai C_F yang

dimasukkan akan selalu mendekati nilai C_F ITTC, yaitu sedikit di atas nilai C_F ITTC.

$$C_F \text{ Schoenherr} = 1,434 \times 10^{-3}$$

(iv). Dengan menggunakan rumusan C_F ITTC

$$C_F = \frac{0,075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

$$C_F \text{ ITTC} = 1,436 \times 10^{-3}$$

(v). Dengan menggunakan rumusan C_F Geberr's

$$C_F = 0,02058 \cdot (Rn)^{-1/8}$$

$$C_F \text{ Geberr's} = 1,446 \times 10^{-3}$$

Hasil perhitungan C_F selengkapnya (untuk kecepatan 17 sampai 21 knot) dapat dilihat pada Tabel 3.2 pada lampiran B.

b. Perhitungan Koefisien Tahanan Kekentalan (C_V)

(i). Dengan menggunakan rumusan C_V Scholz

$$\underline{C_V} = 1 + 0,5 \cdot d/L + 3 \cdot (d/L)^3$$

C_F

dengan :

$$d = 27,5 \text{ m} = \text{diameter maksimum benda (lebar kapal)}$$

$$L = 164,56 \text{ m} = \text{panjang benda (Lwl kapal)}$$

$$C_V \text{ Scholz} = 1,577 \times 10^{-3}$$

(ii). Dengan menggunakan rumusan C_V Granville

$$\underline{C_V} = 1 + 33,8 \cdot C_B^2 \cdot (B/L)^2 \cdot (T/B)$$

C_F

$$C_v \text{ Granville} = 1,532 \times 10^{-3}$$

Kedua rumusan di atas menggunakan garis acuan Schoenherr (untuk mendapatkan nilai koefisien geseknya (C_F)).

c. Perhitungan Koefisien Tahanan Gelombang (C_w)

(i). Dengan menggunakan rumusan R_w Russel & Chapman

$$R_w = \frac{\rho \cdot B \cdot a}{2\pi} (V_s + V_w)^2 \cdot (1 - \cos\delta)$$

$$C_w = \frac{R_w}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot S_s}$$

di mana :

$$B = 27,5 \text{ m}$$

$$a = 0,5 \text{ m} \quad (\text{dari data gelombang di Laut Jawa})$$

$$V_s = 17 \text{ knot}$$

$$V_w = 2,5 \text{ knot} \quad (\text{dari data gelombang di Laut Jawa})$$

$$\delta = \text{sudut divergen dari centerline pada waterline}$$

$$= 19,5^\circ \quad (\text{diambil rata-ratanya berdasar teori yang ada})$$

$$C_w \text{ Russel} = 27,36 \times 10^{-5}$$

(v). Perhitungan dengan menggunakan rumusan Rw Eggers

$$R_w = \frac{\rho \cdot g \cdot W}{4} \cdot \left\{ \frac{(\xi_o^2 + \eta_o^2) \cdot [1 - 2 \text{KoH}]}{\text{Sinh}(2\text{KoH})} + \frac{\sum (\xi_n^2 + \eta_n^2) [1 - \cos^2 \theta_n / 2 (1 + 2\text{KnH})]}{\text{Sinh}(2\text{KnH})} \right\}$$

Perhitungan untuk mendapatkan Rw Eggers ini dilakukan dengan menggunakan program yang sudah ada yang dibuat oleh Insel (Turki) dalam bahasa Fortran yang kemudian kami rubah ke dalam bahasa Pemrograman Matlab. Di mana untuk melakukan proses perhitungannya diperlukan input-input sebagai berikut :

Lebar tangki percobaan = 14 (Bt > (2 x Lm))

Kedalaman tangki percobaan = 7 (Dt > Lm)

Jumlah body kapal = 1 (sama untuk ke-4 data kapal)

Panjang model kapal = 5,945

Lebar model kapal = 0,9935

Sarat model kapal = 0,1928

WSA model kapal = 5,6095

Posisi model terhadap tangki (*Lateral Position*) = 0

Data lambung yang dipilih = Npl-5b.dat (untuk ke-4 data kapal)

Angka Froude = 0,2176

Nomor Harmonik = 100 (untuk ke-4 data kapal)

Sudut Maksimum = 80° (untuk ke-4 data kapal)

Setelah diinputkan data-data di atas akan didapat :

$$C_w \text{ Eggers} = 16,45 \times 10^{-5}$$

C. Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Modern

dari MARIN (Maritime Research Institute Netherlands)

Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan data hasil uji coba model di

Laboratorium uji model yaitu di LHI Surabaya dan di MARIN Belanda.

Data tambahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$V_m = V_s / (\lambda)^{0.5} = 1,662 \text{ m/s}$$

$$L_m = L_s / \lambda = 5,945 \text{ m}$$

$$S_m = S_s / \lambda^2 = 5,6095 \text{ m}^2$$

$$\rho_s = 1025 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_m = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v_s = 8,53 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{ temperatur air laut } 30^\circ\text{C})$$

$$v_m = 8,39 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{ temperatur air tawar } 28^\circ\text{C})$$

$$R_{Tm} = 30,86 \text{ N} \quad (\text{ tahanan total model pada saat uji model })$$

Langkah perhitungan dari metode MARIN adalah sebagai berikut :

- Model Kapal

$$R_{nm} = 1,177 \times 10^7$$

$$C_{Fm} = 0,00292 \quad (\text{ dengan rumusan ITTC })$$

$$C_{Tm} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2 \cdot S_m} = 0,00398$$

- Kapal Sebenarnya

$$R_{ns} = 168,704 \times 10^7$$

$$C_{Fs} = 0,00144 \quad (\text{ dengan rumusan ITTC })$$

$$\begin{aligned}
 F_d &= \frac{1}{2} \cdot \rho_m \cdot V_m^2 \cdot S_m \cdot \{ (1+k) (C_{Fm}-C_{Fs}) - \rho_m / \rho_s \cdot C_A \} \\
 &= 9,4811
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{Ts} &= (R_{Tm} - F_d) \cdot \lambda^3 \cdot \rho_s / \rho_m \\
 &= 464,7368 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{Ts} &= \frac{R_{Ts}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot S_s} = 0,002759
 \end{aligned}$$

$$PE = 4064,0302 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan tahanan dan powering kapal dengan metode MARIN selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.6 , 3.13 , 3.20 dan 3,27 pada lampiran B.

D. Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal dengan Metode Klasik

dari Froude

Data tambahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

$$V_m = V_s / (\lambda)^{0,5} = 1,662 \text{ m/s}$$

$$L_m = L_s / \lambda = 5,945 \text{ m}$$

$$S_m = S_s / \lambda^2 = 5,6095 \text{ m}^2$$

$$\rho_s = 1025 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_m = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$v_s = 8,53 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{temperatur air laut } 30^\circ\text{C})$$

$$v_m = 8,39 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{temperatur air tawar } 28^\circ\text{C})$$

$$R_{Tm} = 30,86 \text{ N} \quad (\text{tahanan total model pada saat uji model})$$

$$C_A = 0,00049$$

Langkah perhitungan dari metode klasik Froude adalah sebagai berikut :

- Model Kapal

$$R_{nm} = 1,177 \times 10^7$$

$$C_{fm} = 0,00292 \quad (\text{dengan rumusan ITTC})$$

$$C_{Tm} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2 \cdot S_m} = 0,00398$$

$$C_{RES} = C_{Tm} - C_{fm} = 0,00107$$

- Kapal Sebenarnya

$$R_{ns} = 168,704 \times 10^7$$

$$C_{fs} = 0,00144 \quad (\text{dengan rumusan ITTC})$$

$$C_{RES \text{ kapal}} = C_{RES \text{ model}} = 0,00107$$

$$\begin{aligned} C_{Ts} &= C_{fs} + C_{RES} + C_A \\ &= 0,00144 + 0,00107 + 0,00049 \\ &= 0,00299 \end{aligned}$$

$$R_{Ts} = 503,8233 \text{ kN}$$

$$PE = 4405,834 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan tahanan dan powering kapal dengan metode Froude selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.7 , 3.14 , 3.21 dan 3,28 pada lampiran B.

III.1.2. Palwa Buwana 400

Perhitungan dilakukan pada range kecepatan 13 sampai 17 knot. Alur perhitungan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.8 sampai 3.14 pada lampiran B.

III.1.3. Tanker 17500

Perhitungan dilakukan pada range kecepatan 10 sampai 14 knot. Alur perhitungan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.15 sampai 3.21 pada lampiran B.

III.1.4. Passenger Vessel 500

Perhitungan dilakukan pada range kecepatan 12 sampai 16 knot. Alur perhitungan sama dengan perhitungan di atas. Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.22 sampai 3.28 pada lampiran B.

III.2. Perhitungan Untuk Menganalisa Metode Perhitungan Tahanan Total Kapal Dengan Acuan Data Hasil Speed Trial.

Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung tahanan kapal dengan metode-metode di atas, untuk kecepatan tertentu yang sama dengan kecepatan kapal pada saat Trial. Analisa dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan tahanan kapal yang diperoleh dengan hasil tahanan kapal yang didapat pada saat speed trial.

Alur perhitungan yang ada sama dengan alur perhitungan di atas, dengan data kecepatan yang berbeda. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.29 dan 3.30 pada lampiran B. Di mana untuk metode klasik Froude dan metode modern MARIN, dilakukan interpolasi dan ekstrapolasi terhadap hasil RTm yang ada, sehingga didapatkan data RTm untuk kecepatan yang diinginkan.

BAB IV

ANALISA PERHITUNGAN

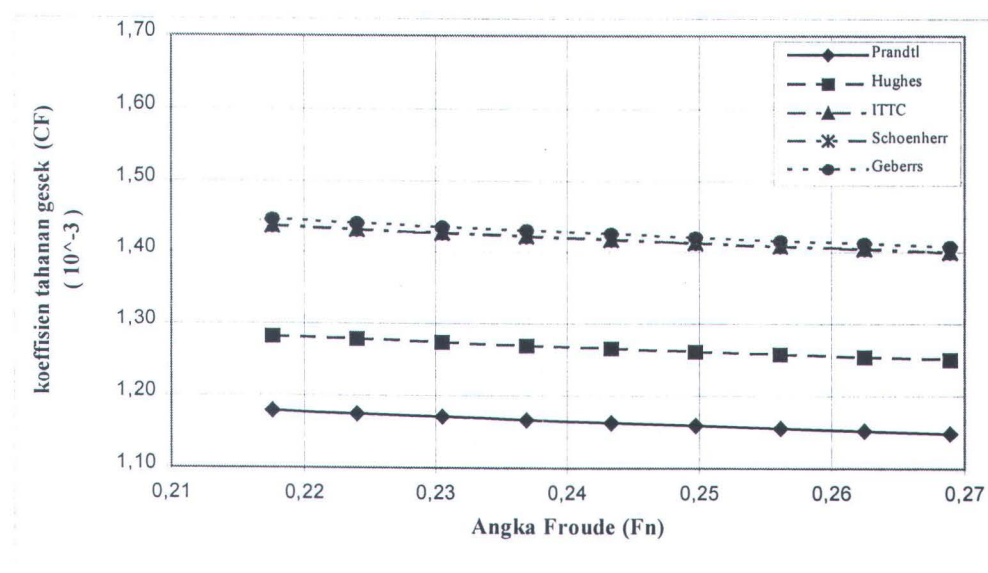
IV.I Analisa Komponen Tahanan Kapal

A. Komponen Tahanan Gesek (C_F)

Dari rumusan tahanan gesek yang ada, baik dari Prandtl, Hughes, ITTC, Schoenherr ataupun dari Geberr, maka dapat dilihat bahwa faktor yang menentukan besar kecilnya nilai tahanan gesek adalah harga angka Reynold-nya. Di mana Harga angka Reynold itu sendiri dipengaruhi oleh kecepatan kapal (V_s), panjang kapal (L_{wl}) dan nilai viskositas kinematik fluida di mana benda berada (ν). Selanjutnya Angka Reynold (R_n) dirumuskan sebagai berikut :

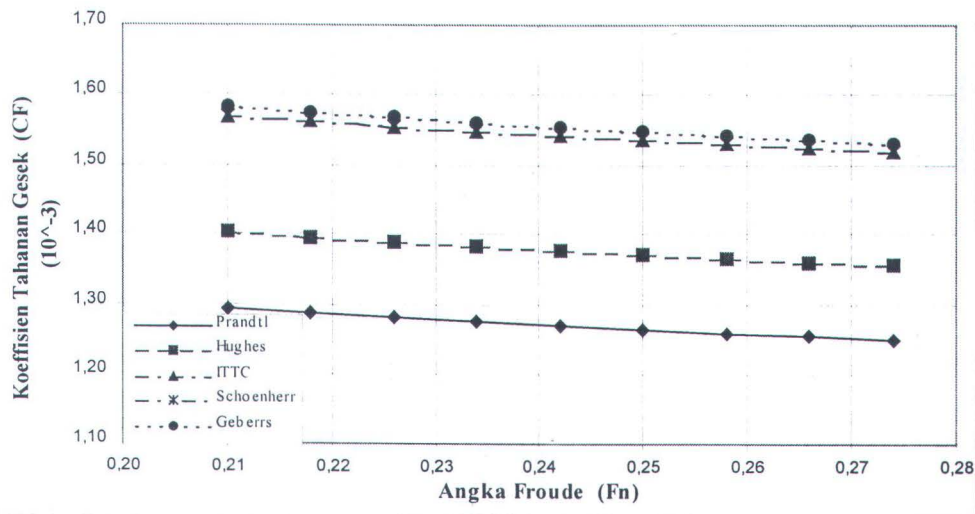
$$R_n = \frac{V_s \cdot L_{wl}}{\nu}$$

Dari rumusan di atas tampak bahwa untuk mendapatkan angka Reynold Number yang tinggi dapat dilakukan dengan menaikkan kecepatan kapal atau dengan menurunkan nilai viskositas kinematiknya. Hubungan antara C_F dengan F_n adalah sebagai berikut:



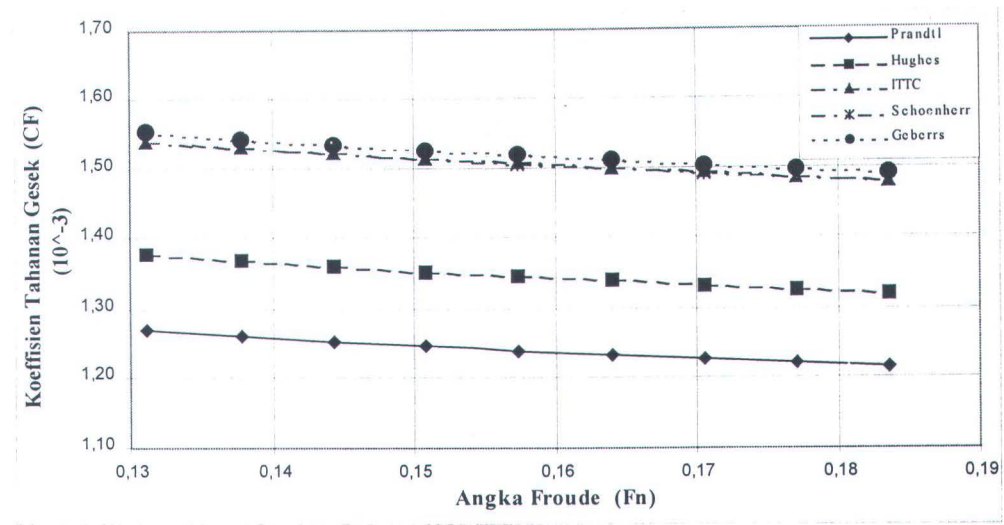
Grafik 4.1. Hubungan C_F dengan F_n untuk Kapal PB 1600

Dari grafik 4.1. terlihat bahwa harga C_F akan semakin mengecil dengan bertambahnya Angka Froude kapal. Sehingga dengan bertambahnya Angka Froude, maka koefisien tahanan yang disebabkan karena gesekan antara fluida dengan badan kapal akan berkurang. Harga C_F juga dapat dikurangi dengan jalan menaikkan temperatur fluida yang akan menyebabkan turunnya harga viskositas kinematis ν sehingga harga Angka Reynoldnya bertambah.

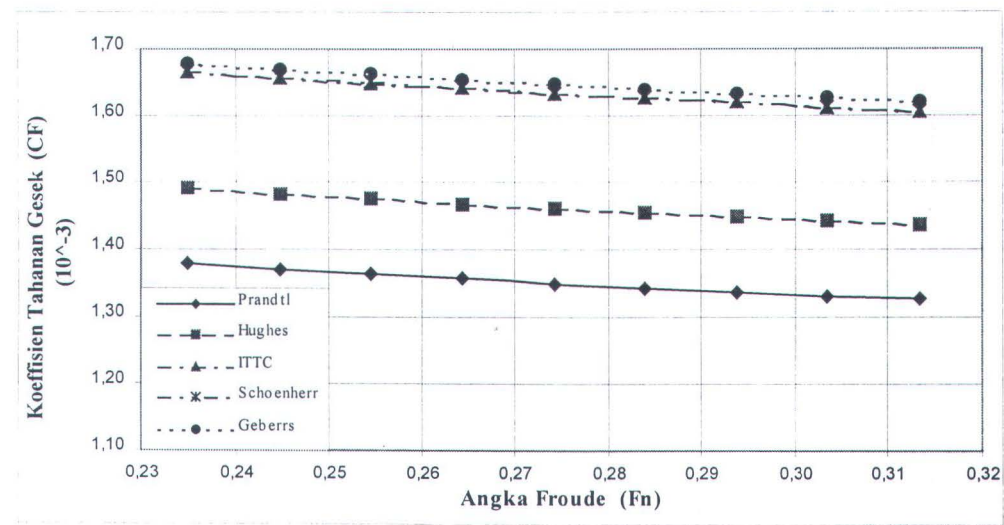


Grafik 4.2. Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal PB 400

Dalam grafik 4.2 di atas terlihat bahwa harga C_F akan berkurang seiring dengan bertambahnya Angka Froude. Peningkatan harga Angka Froude yang berarti pula penambahan kecepatan kapal akan menyebabkan naiknya harga Angka Reynold sehingga harga C_F menjadi mengecil. Harga C_F yang ada relatif lebih besar dari harga C_F pada Kapal PB 1600. Hal ini disebabkan karena pada PB 400 harga Angka Froude-nya relatif lebih rendah bila dibandingkan dengan harga Angka Froude pada Kapal PB 1600. Dengan Angka Froude yang rendah maka Angka Reynold yang ada akan semakin kecil sehingga harga C_F akan bertambah.



Grafik 4.3. Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal Tanker 17500



Grafik 4.4. Hubungan antara C_F dengan F_n untuk Kapal Pass 500

Dalam grafik 4.3 dan 4.4 terlihat hal yang sama seperti pada grafik 4.1 dan 4.2. Perbedaan yang terjadi pada harga C_F disebabkan adanya perbedaan dalam range Angka Froudenya dan adanya perbedaan dalam ukuran utama kapal terutama perbedaan panjang kapal.

B. Komponen Tahanan Kekentalan (C_V)

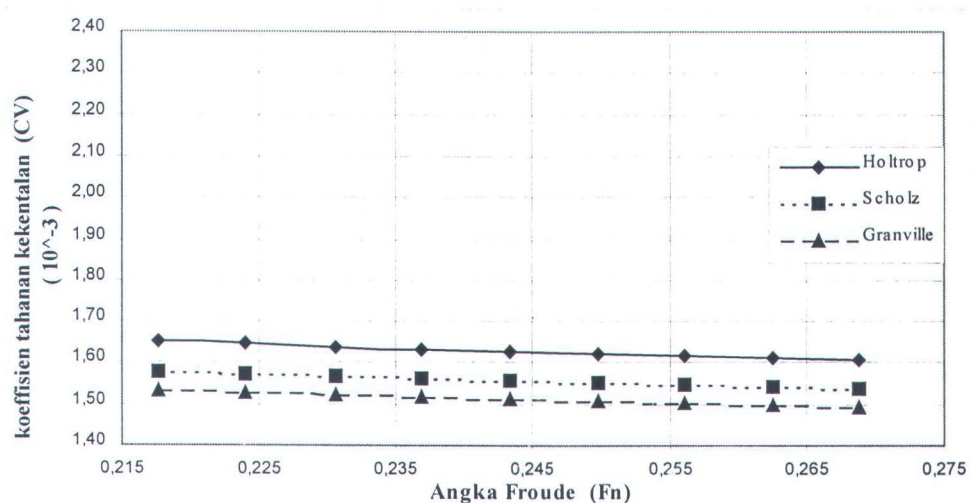
Hal-hal yang mempengaruhi nilai C_V dapat dilihat pada rumusan-rumusan yang ada yaitu sebagai berikut :

$$C_V = (1+k) C_F \quad (\text{untuk menghitung } C_V \text{ Holtrop})$$

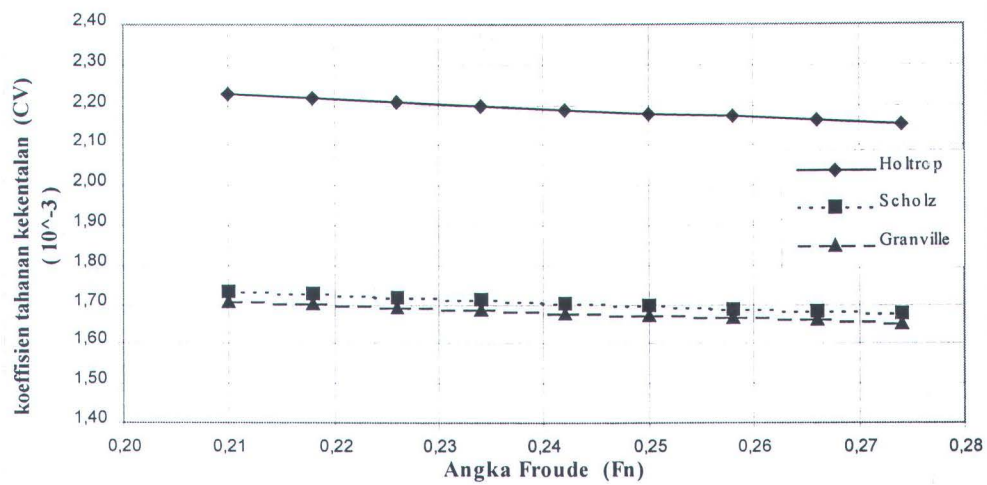
$$C_V = \{ 1 + 0,5 \cdot d/L + 3 \cdot (d/L)^3 \} \cdot C_F \quad (C_V \text{ Scholz})$$

$$C_V = \{ 1 + 33,8 \cdot CB^2 \cdot (B/L)^2 \cdot (T/B) \} \cdot C_F \quad (C_V \text{ Granville})$$

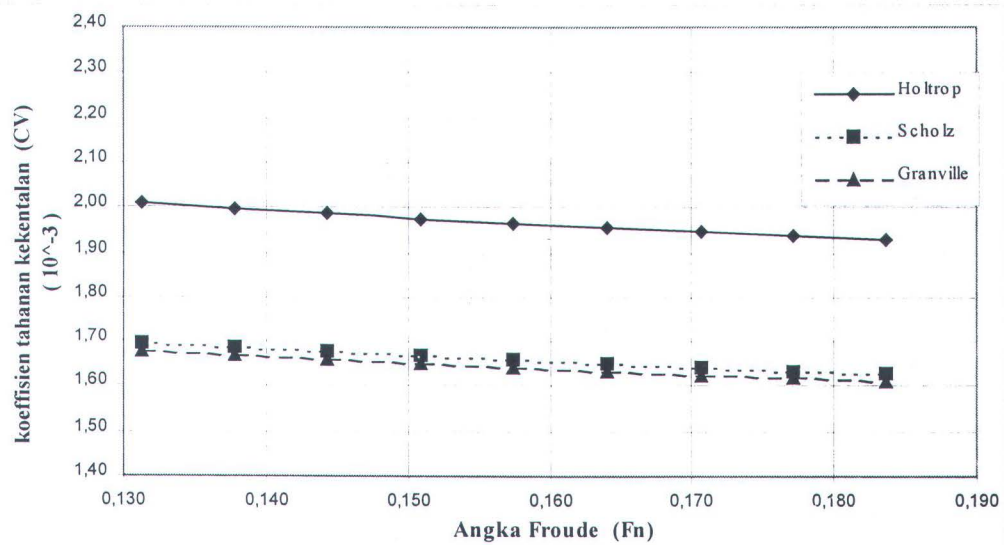
Dari rumusan tersebut terlihat bahwa harga C_V dipengaruhi oleh harga koefisien tahanan gesek (C_F) dan harga faktor bentuk dari kapal . Dengan makin bertambahnya harga C_F ataupun harga faktor bentuk kapal maka harga koefisien tahanan kekentalan C_V juga akan bertambah. Perbandingan nilai C_V untuk ketiga rumusan di atas, dapat dilihat pada grafik 4.5 hingga 4.8 sebagai berikut :



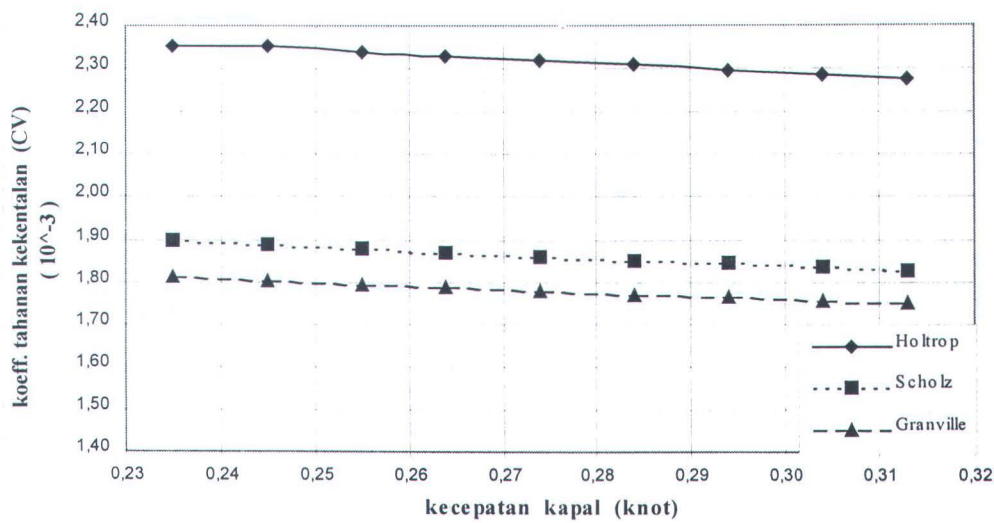
Grafik 4.5. Hubungan antara C_V dengan F_n untuk kapal PB 1600



Grafik 4.6. Hubungan antara Cv dengan Fn untuk Kapal PB 400



Grafik 4.7. Hubungan antara Cv dengan Fn untuk Kapal Tanker 17500



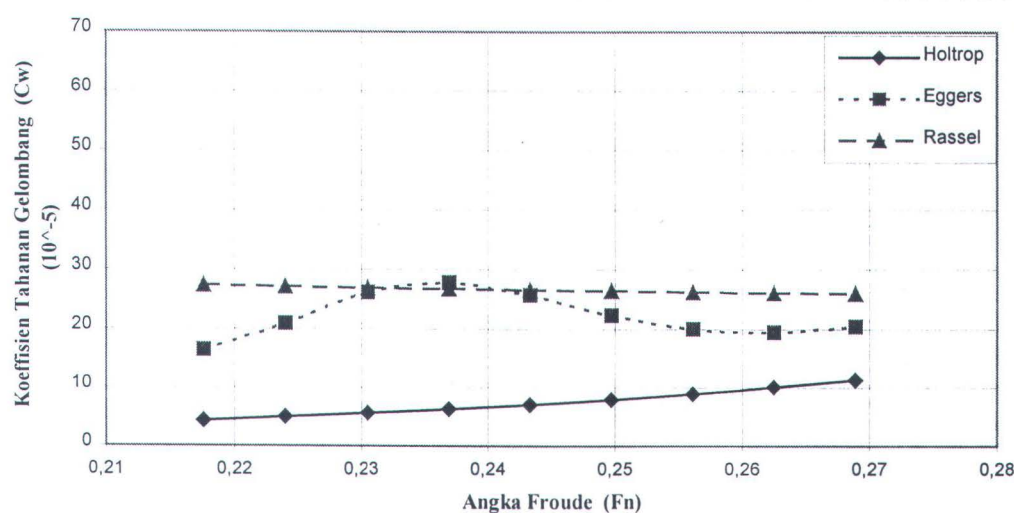
Grafik 4.8. Hubungan antara C_v dengan F_n untuk Kapal Pass 500

Pada Grafik 4.5 sampai Grafik 4.8 terlihat bahwa nilai C_v Holtrop lebih besar dibandingkan dengan nilai C_v Scholz dan Granville. Hal ini disebabkan karena harga faktor bentuk yang digunakan pada rumusan Holtrop relatif lebih besar bila dibandingkan dengan harga faktor bentuk pada rumusan Scholz dan Granville.

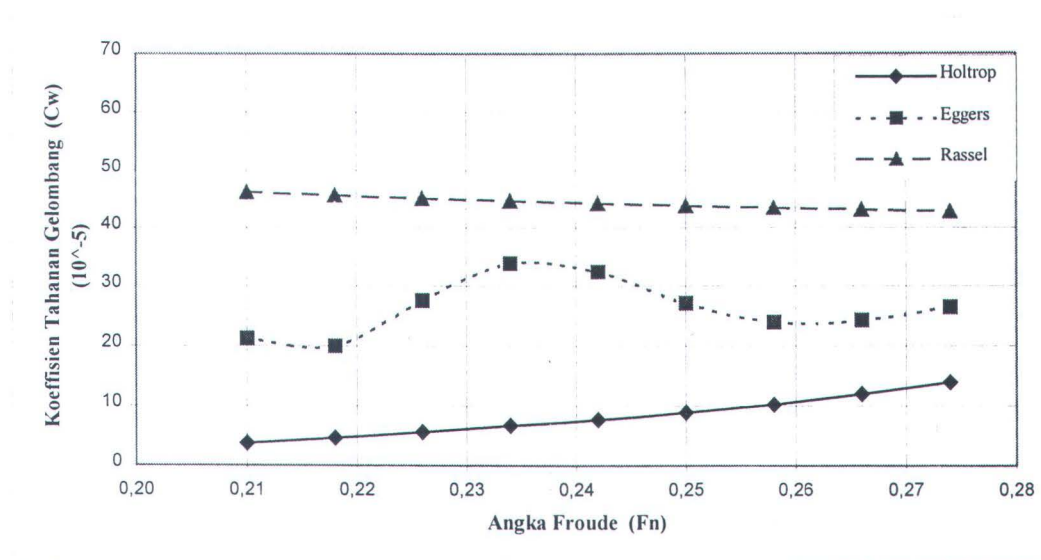
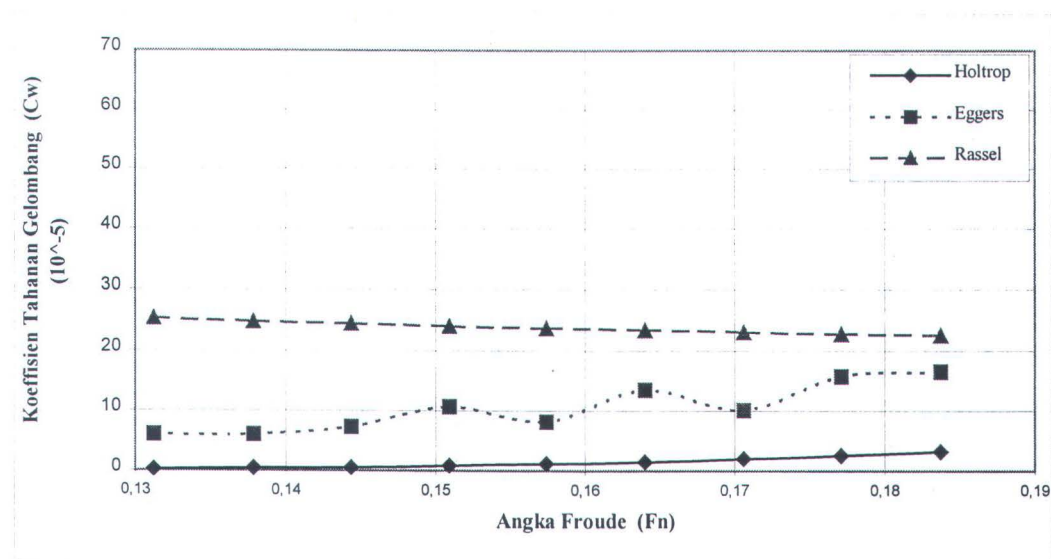
Harga faktor bentuk pada rumusan Holtrop untuk PB 1600 adalah 1,15 yang diambil dari data model, sedangkan harga faktor bentuk Scholz dan Granville adalah 1,10 dan 1,07 yang didapat dengan menghitung bagian rumus yang ada dalam kurung kurawal. Walaupun harga C_F yang digunakan pada rumusan Holtrop mengacu pada C_F ITTC yang memiliki nilai lebih rendah bila dibandingkan dengan C_F Schoenherr (acuan rumusan Scholz dan Granville), tetapi nilai C_v Holtrop tetap lebih besar dari C_v Scholz dan Granville karena selisih harga C_F ITTC dengan C_F Schoenherr masih lebih kecil dari selisih harga faktor bentuk pada Holtrop dengan faktor bentuk pada Scholz dan Granville.

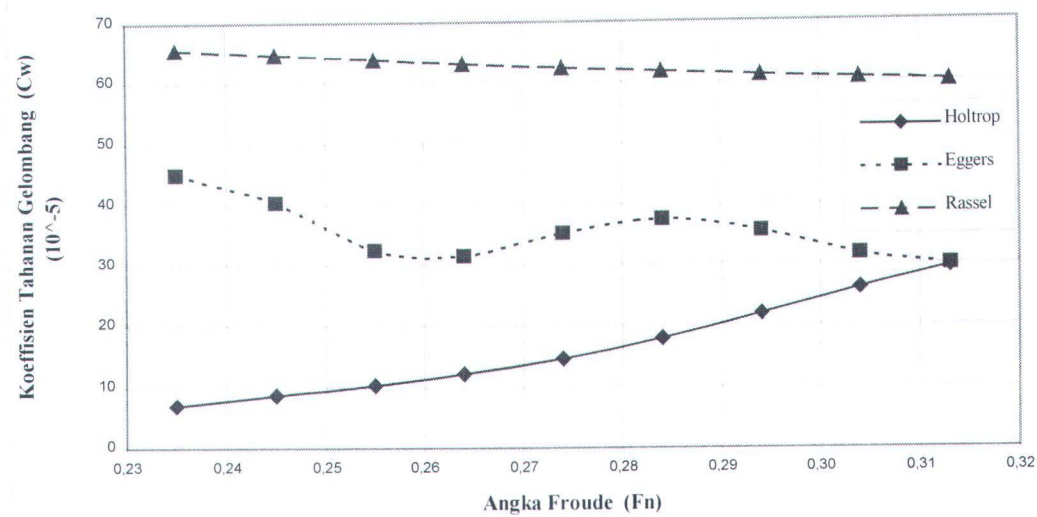
C. Komponen Tahanan Gelombang (C_w)

Faktor yang mempengaruhi besar kecilnya nilai C_w akan berbeda untuk tiap rumusan C_w . Hal ini disebabkan karena input yang diperlukan dalam setiap rumusan C_w tersebut adalah berbeda. Seperti nilai C_w Holtrop yang didapatkan dengan menggunakan nilai tahanan gelombang per berat kapal (R_w/W). Sehingga nilai C_w Holtrop ini akan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang mempengaruhi nilai R_w/W yang dapat dilihat pada Bab III.1.1. Nilai C_w pada rumusan Russel dipengaruhi oleh tinggi dan kecepatan gelombang yang bekerja pada badan kapal. Di mana data gelombang ini diperoleh dari data gelombang yang terjadi pada saat dilakukannya *sea trial* kapal. Sedangkan nilai C_w dari Eggers tergantung pada kondisi pada saat uji model kapal di laboratorium uji coba model, yaitu ukuran model dan tangki uji, luas permukaan basah model serta posisi model terhadap tangki uji. Hubungan antara nilai C_w dari ketiga rumusan di atas dengan Angka Froude dapat dilihat pada grafik 4.9 hingga 4.12 berikut ini :



Grafik 4.9. Hubungan antara C_w dengan F_n untuk Kapal PB 1600

Grafik 4.10 Hubungan antara C_w dengan F_n untuk Kapal PB 400Grafik 4.11 Hubungan antara C_w dengan F_n untuk Kapal Tanker 17500



Grafik 4.12 Hubungan antara C_w dengan Fn untuk Kapal Pass 500

Dari grafik di atas terlihat bahwa harga C_w dari ketiga rumusan di atas akan berbeda untuk jenis kapal yang berbeda. C_w Russel memiliki harga yang terbesar dibanding C_w Eggers dan C_w Holtrop, dan C_w Holtrop memiliki harga yang terkecil di antara ketiga harga C_w . Hal itu disebabkan karena :

- Pada rumusan Holtrop, nilai C_w ditentukan oleh parameter-parameter yang berhubungan dengan bentuk badan kapal seperti : L , B , T , C_p , Fn , V_{disp} , W dan sudut masuk garis air (*angle of entrance*) dari kapal. Di mana parameter-parameter ini digunakan sebagai input pada rumusan-rumusan untuk menghitung tahanan gelombang per berat kapal (R_w/W) yang merupakan pengembangan rumusan yang diusulkan oleh Havelock. Rumusan ini tergantung pada bentuk lambung kapal (*hull form*) dan pada konstanta-konstanta yang diusulkan sendiri oleh Holtrop berdasar hasil uji model yang telah dilakukannya, dan belum memperhitungkan data-data gelombang yang terjadi . Pada grafik 4.9 hingga 4.12 terlihat bahwa harga C_w Holtrop akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya harga Angka Froude

(Fn). Hal ini disebabkan karena semakin tinggi harga harga Angka Froude (Fn) akan berpengaruh terhadap bertambahnya harga tahanan gelombang per berat kapal sehingga harga C_w juga akan bertambah.

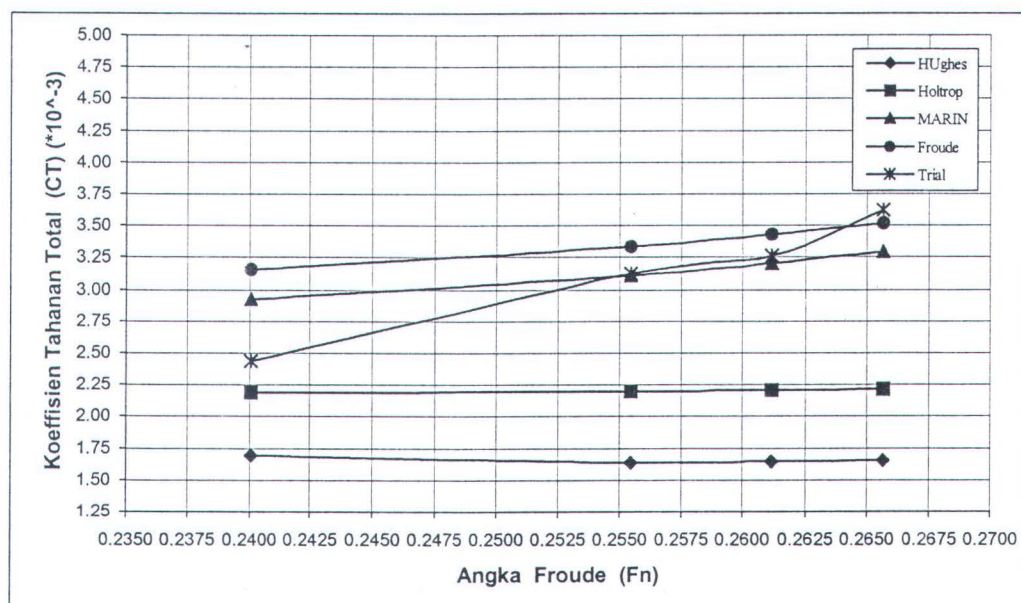
- Pada rumusan Eggers nilai C_w diperoleh dengan jalan mengoperasikan program perhitungan tahanan gelombang yang telah dibuat oleh Insel (digunakan juga oleh Sutawijaya dalam Thesisnya : '' *Development of New Hull Shapes for Commercial Multihulls Using Thin Ship Theory* ''). Dalam program ini nilai C_w ditentukan oleh kondisi-kondisi pada saat uji model, karena Insel berusaha mendapatkan harga tahanan gelombang dengan jalan mengolah data-data model, tangki uji model serta posisi model terhadap tangki yang kemudian diolah dengan data hasil percobaannya seperti series-64 atau NPL-5b . Pada rumusan ini akan terlihat bahwa ukuran lebar dan tinggi dari tangki uji model sangat mempengaruhi nilai C_w yang terjadi karena dengan ukuran tangki yang relatif kecil dibanding dengan model yang diuji maka akan terjadi tahanan gelombang tambahan yang berasal dari pantulan gelombang pada dinding tangki. Sehingga semakin besar ukuran tangki uji dibanding ukuran modelnya , maka akan didapatkan nilai C_w yang semakin kecil.

Pada grafik 4.9 hingga 4.12 terlihat bahwa harga C_w Eggers berfluktuasi dengan puncak dan lembah gelombangnya seiring dengan bertambahnya harga Angka Froude (Fn). Hal ini dipengaruhi oleh asumsi bahwa badan kapal dianggap terdiri dari panel-panel atau segiempat dengan titik tengahnya dianggap sebagai source yang akan menjadi tinjauan dari rumusan Eggers.

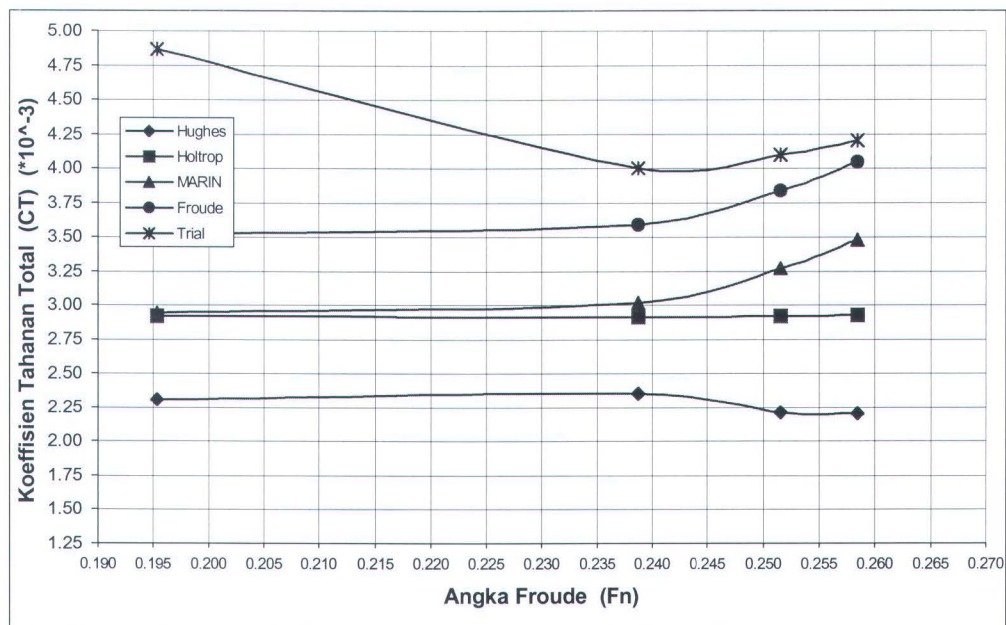
Alur perhitungan nilai C_w dengan Program Insel ini dapat dilihat pada Lampiran D.

IV.2 Analisa Metode Perhitungan Tahanan Kapal

Analisa ini dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan tahanan kapal dengan metode Holtrop, Hughes, MARIN, dan Ekstrapolasi Froude dengan harga tahanan kapal yang ada pada saat *sea trial*. Data *sea trial* yang digunakan sebagai acuan ini diperoleh dengan mengubah data powering kapal yang ada pada saat Sea Trial (BHP) ke EHP untuk kemudian di cari harga tahanan kapalnya. Untuk Hughes nilai tahanan kapal yang diambil adalah yang terbesar dalam hasil perhitungan tahanan kapal menurut metode Hughes ($R_T 9$), yaitu penjumlahan dari $C_{FGeberts}$ dikalikan dengan faktor bentuk dan $C_{WEggers}$. Grafik yang menunjukkan hubungan antara koefisien tahanan total kapal dengan Angka Froude yang dihitung dengan ke lima metode dapat dilihat pada Grafik 4.17 dan 4.18 . Di mana Grafik ini adalah untuk kapal PB 1600 dan kapal PB 400 saja, karena data *sea trial* yang lengkap dengan data power mesinnya hanya ada untuk dua kapal ini.



Grafik 4. 13. Hubungan antara koefisien tahanan total (C_T) kapal dengan Angka Froude (F_n) untuk lima metode pada kapal PB 1600



Grafik 4. 14. Hubungan antara koefisien tahanan total (C_T) kapal dengan Angka Froude (F_n) untuk lima metode pada kapal PB 400

Dari kedua Grafik di atas terlihat bahwa nilai koefisien tahanan totalnya yang mendekati harga *sea trial* secara berurutan adalah nilai tahanan kapal yang dihitung dengan metode Froude, MARIN, Holtrop, dan kemudian Hughes.

Harga koefisien tahanan total (C_T) dari metode-metode di atas akan bertambah seiring dengan bertambahnya harga Angka Froudenya, kecuali untuk metode Hughes dengan harga koefisien tahanan total (C_T) yang semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena penambahan harga tahanan kapal yang relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan metode lain untuk penambahan harga kecepatan yang sama.

Pada grafik 4.13 terlihat bahwa harga C_T pada kondisi *Sea Trial* lebih kecil bila dibandingkan dengan harga C_T untuk metode MARIN dan Ekstrapolasi Froude pada

harga $F_n=0,24$ hingga $F_n = 0,26$. Di mana perubahan harga Angka Froude (F_n) tersebut dapat diartikan pula perubahan pada kondisi beban mesin (*load engine*) yang ada (lihat lampiran E), atau dapat diterangkan bahwa harga C_T Trial lebih kecil dibanding dengan harga C_T untuk keempat metode lain pada kondisi beban mesin 50% hingga 75%. Sedangkan untuk beban mesin 75% hingga 100% (kecepatan maksimum yang dapat dicapai kapal), harga C_T Trial akan relatif lebih besar dari harga C_T metode yang lain.

Pada grafik 4.14 terlihat bahwa harga C_T Trial mengalami pengurangan pada harga Angka Froude $F_n = 0,195$ hingga $F_n = 0,239$ dan mengalami peningkatan pada harga Angka Froude $F_n = 0,239$ hingga $F_n = 0,259$ atau dapat diterangkan bahwa C_T Trial mengalami pengurangan pada kondisi beban mesin (*load engine*) 50 % hingga 75 % dan kemudian mengalami peningkatan hingga beban mesin maksimal (lihat lampiran E). Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada range 50% hingga 75 % beban mesin, peningkatan kecepatan yang terjadi relatif lebih besar dibandingkan dengan peningkatan kecepatan pada range 75% hingga 100% beban mesin untuk penambahan daya kapal yang sama.

Dalam perbandingan metode ini yang menjadi acuan adalah hasil *sea trial*, sehingga metode Ekstrapolasi Froude dianggap paling baik dalam artian paling mendekati nilai *Sea Trial*. Akan tetapi bila ditinjau dari segi apakah sudah benar-benar memperhitungkan komponen tahanan kapal atau belum, maka metode Hughes adalah metode yang terbaik. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Metode Ekstrapolasi Froude

Metode ekstrapolasi yang selalu digunakan di lab. MARIN ini merupakan metode yang hanya berdasar pada hasil uji propulsi kapal. Uji tahanan dan uji air terbuka (*resistance and open water test*) tidak perlu dilakukan, karena metode ini sendiri berdasar pada data hasil uji self propulsion point dan terdiri dari beberapa data statistik untuk menghitung pengaruh dari beban propeller yang berbeda. Metode ini tidak memperhitungkan faktor bentuk dari kapal, dan menganggap bahwa tahanan residu model adalah sama dengan tahanan residu kapal. Sehingga untuk menghitung tahanan residu dari kapal cukup diperoleh dengan menghitung tahanan residu model yang didapat dengan mengurangi tahanan total model dengan tahanan gesekannya. Tanpa memperhitungkan harga faktor bentuk menyebabkan hasil dari metode ini menjadi relatif lebih besar.

- Metode Modern MARIN

Metode yang digunakan di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia ini merupakan pengembangan metode ITTC '78. Metode ini seperti metode ekstrapolasi Froude juga berdasar pada hasil uji propulsi pada beban dan speed yang bervariasi. Hasil uji tahanan dan uji air terbuka (bila dilakukan) digunakan untuk menambah keakuratan dari hasil. Dalam metode ini pengaruh faktor bentuk sudah diperhitungkan yaitu dengan memasukkannya dalam rumusan efek skala. Tahanan total kapal dihitung dengan memperhitungkan efek skala dan faktor skala dari model ke kapal sebenarnya. Dengan memperhitungkan faktor bentuk serta faktor skala, maka hasil dari metode ini akan lebih akurat bila dibandingkan dengan metode ekstrapolasi Froude.

- Metode Holtrop

Dalam metode ini selain pengaruh faktor bentuk, pengaruh dari tahanan gelombang yang terjadi sudah diperhitungkan dan ini menyebabkan hasil perhitungannya sudah lebih akurat dibandingkan metode MARIN dan Ekstrapolasi Froude yang tidak memperhitungkan pengaruh dari tahanan gelombang.

- Metode Hughes

Metode ini merupakan metode yang berasal dari gabungan rumusan-rumusan untuk menghitung komponen tahanan kapal dengan lebih spesifik. Seperti Perhitungan komponen tahanan kekentalan (C_v) yang memakai rumusan Scholz atau Granville menghasilkan hasil perhitungan C_v yang lebih akurat. Demikian juga perhitungan komponen tahanan gelombang (C_w) yang menggunakan rumusan Rassel atau Eggers. Rumusan-rumusan ini merupakan rumusan yang lebih dapat dipercaya hasilnya karena lebih memperhatikan data-data gelombang yang ada. Sehingga dalam hal ini metode Hughes merupakan metode yang paling memperhitungkan terhadap komponen tahanan kapal, atau bisa dikatakan bahwa metode Hughes yang merupakan gabungan rumusan-rumusan komponen tahanan kapal ini menghasilkan hasil perhitungan tahanan yang lebih akurat bila dibandingkan dengan metode lain di atas. Perbedaan dengan hasil *sea trial* lebih besar dibanding metode lain, semata-mata karena belum dilakukannya koreksi terhadap hasil *sea trial* yang ada.

- Sea Trial

Hasil dari *sea trial* ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik itu yang ada sebelum pelaksanaan atau selama pelaksanaan speed trial. Sebagai contohnya adalah kondisi kapal dan lingkungan yang harus dicatat dengan teliti untuk hasil yang lebih akurat. Pencatatan sarat kapal (fore,after dan amidship) harus dilakukan pada saat kapal berhenti dalam kondisi air tenang (gelombang diusahakan minimum). Selain itu kondisi permukaan badan kapal, perubahan terhadap berat kapal, temperatur air laut, kedalaman perairan, serta metode pengukuran kecepatan merupakan hal-hal yang harus diperhatikan karena sangat mempengaruhi hasil dari *sea trial*. Di samping hal-hal di atas, perlu juga dilakukan koreksi-koreksi terhadap hasil *sea trial* tersebut untuk memperhitungkan terjadinya perubahan-perubahan kondisi pada saat trial seperti adanya pengaruh angin, gelombang, perubahan sarat dan sebagainya. Pengabaian terhadap hal-hal di atas akan menyebabkan hasil speed trial memiliki nilai yang relatif besar seperti hasil trial di atas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Beberapa masalah pokok dalam tugas akhir ini akhirnya dapat diselesaikan, sesuai dengan tujuan yang telah penulis ajukan dalam abstrak tugas akhir, yaitu untuk menganalisa hasil perhitungan komponen tahanan kapal dari rumusan empiris dan dari hasil uji model.

Dari pembahasan sebelumnya serta dari analisa perhitungan setiap metode yang digunakan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

- ◆ Faktor utama yang menentukan besar kecilnya tahanan kapal adalah harga tahanan gesek dan tahanan kekentalannya, mengingat harga komponen tahanan gesek dan tahanan kekentalan memiliki nilai yang relatif lebih besar dibandingkan harga komponen tahanan gelombang.
- ◆ Beberapa kondisi yang berpengaruh terhadap harga koefisien tahanan gesek adalah :
 - Dengan bertambahnya harga Angka Reynolds (R_n), maka harga koefisien tahanan geseknya akan semakin berkurang.
 - Semakin tinggi harga Angka Froude (F_n), maka harga koefisien tahanan geseknya akan mengecil .
 - Dengan menaikkan temperatur fluida maka akan menyebabkan harga viskositas kinematis fluida menjadi berkurang sehingga harga koefisien tahanan geseknya akan berkurang.

- ◆ Beberapa kondisi yang berpengaruh terhadap harga koefisien tahanan kekentalan adalah :
 - Dengan bertambahnya harga koefisien tahanan gesek, maka harga koefisien tahanan kekentalan akan bertambah pula. Hal ini berarti kondisi-kondisi yang menyebabkan bertambahnya harga koefisien tahanan gesek akan menyebabkan bertambahnya pula harga koefisien tahanan kekentalan.
 - Dengan bertambahnya harga faktor bentuk kapal akan menyebabkan harga koefisien tahanan kekentalan semakin bertambah.
- ◆ Beberapa kondisi yang berpengaruh terhadap harga koefisien tahanan gelombang adalah :
 - Koefisien tahanan gelombang akan bertambah seiring dengan bertambahnya ukuran kapal seperti L , B , T , C_B dan sebagainya.
 - Untuk koefisien tahanan gelombang yang didapatkan dari uji model maka ukuran lebar dan kedalaman tangki akan sangat berpengaruh. Semakin besar ukuran tangki dibanding dengan model maka harga koefisien tahanan gelombangnya akan mengecil karena pengaruh tahanan gelombang tambahan dari dinding-dinding tangki akan berkurang. Ukuran tangki minimum yaitu Lebar tangki sama dengan dua kali panjang model dan Kedalaman tangki sama dengan panjang model.
- ◆ Metode perhitungan tahanan kapal yang terbaik dalam artian benar-benar memperhitungkan komponen tahanan kapal adalah Metode Hughes yang merupakan gabungan dari rumusan-rumusan untuk menghitung komponen tahanan kapal .

- ♦ Selisih hasil perhitungan dengan metode Hughes dengan hasil *Sea Trial* disebabkan kurangnya koreksi pada hasil *Sea Trial* sehingga hasil *Sea Trial* memiliki harga yang besar

V.2. Saran

Studi tentang prosedur *Sea Trial* yang benar dan koreksi-koreksi yang harus diterapkan pada hasil *Sea Trial* yang ada akan sangat bermanfaat bagi kelanjutan studi perbandingan metode perhitungan tahanan kapal ini. Penelitian tentang prosedur pelaksanaan *Sea Trial*, perlakuan terhadap hasilnya dan alasan-alasan kenapa koreksi terhadap hasil *Sea Trial* masih kurang pada kapal-kapal di galangan-galangan Indonesia akan sangat berguna bagi pengembangan industri perkapalan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Munro Smith, R (1973), '' **Ships and Naval Architecture (S.I. Units)** '', The Institute of Marine Engineers.
2. Gillmer, T dan Johnson, B (1982), '' **Introduction to Naval Architecture** '', United States Naval Institutes, Annapolis Maryland.
3. Utama, I.K.A.P (1997), '' **Studi Tahanan Kekentalan dan Pengaruh Faktor Bentuk** '', Jurnal Teknologi Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
4. Rassel, H dan Chapman, L (1962), '' **Principle of Naval Architecture, volume two** '', The Society of Naval Architects and Marine Engineers , 74 Trinity Place, New york.
5. Harvald, AA (1983), '' **Resistance and Propulsion of Ships** '' , Department of Ocean Engineering, The Technical University of Denmark, Lyngby.
6. Lewis, EV (1988), '' **Principle of Naval Architecture, volume two (second revision)** '', Resistance, Propulsion, and Vibration, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 601 Pavonia Avenue, Jersey City, NJ.
7. Shearer, J.R dan Steele, B.N (1970), '' **Some Aspects of the Resistance of Full Form Ships**'', T – Royal Institute of Naval Architects volume 112.
8. Suta Wijaya, I.G.A.R (1992) ,'' **Development of New Hull Shapes for Commercial Multihulls Using Thin Ship Theory** '', Msc. Thesis Department of Ship Science, University of Southampton, UK.
9. Handbook of Indonesian Hydrodynamic Laboratory Surabaya .

LAMPIRAN A

Metode Holtrop

Pada 1984 Holtrop mengembangkan metodenya dengan menambah Series 64 hull forms (Yeh, 1965). Selain itu formula yang lebih baik juga diperoleh untuk range kecepatan yang lebih tinggi. Analisa regresinya menjadi didasarkan pada hasil 334 model.

- Tahanan kekentalan didapatkannya dengan rumus :

$$R_V = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_F \cdot (1+k_1) \cdot S$$

Di mana:

C_{FO} = koefisien gesek menurut garis acuan ITTC 1957 sesuai dengan rumus :

$$C_{FO} = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2}$$

k_1 = faktor bentuk dari lambung tanpa tonjolan (*bare hull*).

Nilai $1+k_1$ didapat dengan cara statistik. Formula yang diperoleh sbb :

$$1+k_1 = 0,93 + 0,4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/LR)^{0,1216} \cdot (L^3/\Delta)^{0,3649} \cdot (1-C_p)^{-0,6042}$$

dengan :

c adalah koefisien yang dihitung untuk bentuk spesifik dari bagian belakang

kapal (*after body*) dan dirumuskan :

$$c = 1 + 0.011 C_{\text{stern}}$$

dengan :

$$\begin{aligned} C_{\text{stern}} &= -25 && \text{untuk bentuk 'pram' dengan 'gondola'} \\ &= -10 && \text{untuk bentuk potongan V} \\ &= 0 && \text{untuk bentuk potongan normal} \\ &= +10 && \text{untuk bentuk potongan U dengan stern model dari} \end{aligned}$$

Hogner.

LR adalah yang dapat diperoleh dengan rumus :

$$LR/L = 1 - C_p + 0,06 C_p \cdot LCB / (4 \cdot C_p - 1)$$

S adalah luas permukaan basah. Jika tidak diketahui dapat dicari dengan rumus

Pendekatan :

$$\begin{aligned} S &= L (2T + B) C_m^{0,5} (0,4530 + 0,4425 C_B - 0,2862 C_m - 0,003467 B/T \\ &\quad + 0,3696 C_{wp}) + 2,38 A_{BT} / C_B \end{aligned}$$

Dengan :

A_{BT} = Luas penampang melintang (*Cross Sectional Area*) dari bulb pada penampang vertikal yang sesuai dengan bentuk Stem di Permukaan air.

* Tahanan karena tonjolan (*appendages*) juga dianalisa dan hasilnya berupa faktor bentuk yang juga disebabkan karena *appendages*. Rumus sbb :

$$1+k = 1+k_1 + \{ (1+k_2) - (1+k_1) \} \cdot S_{app}/S_{tot}$$

di mana:

k_2 = faktor bentuk efektif dari *appendages* (tabel I.1)

S_{app} = total permukaan basah dari *appendages*

S_{tot} = total permukaan basah dari bare hull + *appendages*

Tabel I.1 Nilai faktor bentuk effektif untuk jenis tonjolan yang berbeda

No.	Tipe Tonjolan (<i>Appendages</i>)	1 + k2
1	Kemudi dari kapal berbaling-baling tunggal	1,3 - 1,5
2	Kemudi tipe spade dari kapal berbaling-baling ganda	2,8
3	Skeg kemudi dari kapal berbaling-baling ganda	1,5 - 2,0
4	Shaft brackets	3,0
5	Bossing	2,0
6	Bilge Keels	1,4
7	Fin Stabilizer	0,8
8	Shafts	2,0
9	Sonar dome	2,7

* Untuk perhitungan wave-making resistance dia mengambil formula dari Havelock sbb

$$R_w/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 \cdot Fn^d + m_2 \cos (\lambda \cdot Fn^{-2})}$$

Penerapan rumus di atas akan lebih baik hasilnya dengan menerapkan formula tahanan gelombang pada kecepatan tinggi dan kecepatan rendah.

-Utk range kecepatan rendah ($Fn < 0,4$) koefisien didapat :

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3,7861} \cdot (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

Dengan :

$$C_4 = 0,2296 (B/L)^{0,3333} \dots\dots\dots \text{utk } B/L < 0,11$$

$$C_4 = B/L \dots\dots\dots \text{utk } 0,11 < B/L < 0,25$$

$$C_4 = 0,5 - 0,0625 L/B \dots\dots\dots \text{utk } B/L > 0,25$$

i_E = setengah sudut masuk dari garis air penuh (derajat)

jika pada preliminary desain sudut masuk tidak diketahui maka dicari dengan rumus :

$$i_E = 125,67 B/L - 162,25 C_p^2 + 234,32 C_p^3 + 0,1551 (LCB) + \frac{6,8 (T_a - T_f))^3}{T}$$

Selanjutnya :

$$d = -0,9$$

$$m_1 = 0,01404 L/T - 1,7525 (V_{disp})^{1/3} /L - 4,7932 B/L - C_5$$

$$C_5 = 8,0798 C_p - 13,8673 C_p^2 - 6,9844 C_p^3 \dots\dots\dots \text{utk } C_p < 0,8$$

$$C_5 = 1,7301 - 0,7067 C_p \dots\dots\dots \text{utk } C_p > 0,8$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0,4 \cdot e^{-0,034 Fn^{-3,29}}$$

dengan :

$$C_6 = -1,69385 \dots\dots\dots \text{utk } L^3/V_{disp} < 512$$

$$C_6 = 1,69385 + (L/V^{1/3} - 8,0)/2,36 \dots\dots\dots \text{utk } 512 < L^3/V_{disp} < 1727$$

$$C_6 = 0,0 \dots\dots\dots \text{utk } L^3/V_{disp} > 1727$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,03 L/B \quad \dots\dots\dots \text{utk } L/B < 12$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,36 \quad \dots\dots\dots \text{utk } L/B > 12$$

* Nilai C_2 dihitung untuk memperhitungkan efek dari bulb.

C_2 = koefisien yang dipengaruhi oleh bulb

$$= 1 \quad (\text{jika tidak menggunakan bulb})$$

$$C_2 = \frac{e^{-1,89} \cdot A_{BT} \cdot \gamma_B}{B.T. (\gamma_B + i)}$$

di mana :

$$\gamma_B = 0,56 A_{BT}^{0,5} \quad (\text{jari-jari efektif dari bulb})$$

$$i = T_f - h_B - 0,4464 \gamma_B \quad (\text{menyatakan bulb yang tenggelam})$$

$$T_f = \text{sarat pada FP}$$

$$h_B = \text{tinggi centroid dari luas } A_{BT} \text{ di atas base line}$$

$$C_3 = 1 - 0,8 A_T / (B.T.Cm)$$

(Dihitung untuk mengetahui pengaruh bentuk transom pada tahanan gelombang).

$$A_T = \text{luas transom yang tenggelam pada kecepatan nol}$$

- Untuk range kecepatan tinggi ($F_n > 0,55$) didapat :

$$C_1 = 6919,3 \text{ Cm}^{-1,3346} (V_{\text{disp}}/L^3)^{2,0098} (L/B - 2)^{1,4069}$$

$$m_1 = -7,2035 (B/L)^{0,3269} (T/B)^{0,6054}$$

- Untuk range kecepatan sedang ($0,4 < F_n < 0,55$) rumus interpolasi yang digunakan :

$$R_w/W = 1/W \cdot [R_w (F_n = 0,4) + (10 F_n - 4) \cdot (R_w(F_n = 0,55) - R_w (F_n = 0,4)) / 1,5]$$

Rumus Correlation Allowance untuk model kapal :

- utk $T_f / L_{wl} > 0,04$

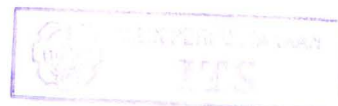
$$CA = 0,006 (L_{wl} + 100)^{-0,16} - 0,00205$$

- utk $T_f / L_{wl} < 0,04$ maka :

$$CA = 0,006 (L_{wl} + 100)^{-0,16} - 0,00205 + 0,003 (L_{wl} / 7,5)^{0,5} C_B^4 \cdot C_2 \cdot (0,04 - T_f / L_{wl})$$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan tahanan total menurut Holtrop :

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot Stot [CF (1+k) + CA] + R_w/W \cdot W$$



LAMPIRAN B

Data Model dan Data Kapal

Tipe Kapal : PB 1600

Lwl	=	164.56	m	Lm	=	5.945	m
B	=	27.50	m	Bm	=	0.993	m
T	=	5.3377	m	Tm	=	0.193	m
WSA	=	4297.9	m^2	WSAm	=	5.609	m^2
CB	=	0.6028		ρm	=	1000	kg/m^3
CP	=	0.6191		vm	=	8.4E-07	m^2/sec
CM	=	0.9736		(1+k)	=	1.149	
V disp=		14799.64	m^3	CA	=	0.00049	
W	=	15169.63	ton	λ	=	27.68	
ps	=	1025	kg/m^3				
vs	=	8.5E-07	m^2/sec				

Tabel 3.1 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal beserta komponen tahanan kapal dengan Metode Holtrop untuk Kapal PB 1600

V knot	V m/s	Fn	Rn * 10^7	CF *10^-3	CV *10^-3	CW *10^-5	CT *10^-3	RT kN	PE kW
17.00	8.745	0.2176	168.70	1.436	1.650	4.276	2.183	367.647	3214.999
17.50	9.002	0.2240	173.67	1.431	1.644	4.918	2.183	389.715	3508.214
18.00	9.259	0.2305	178.63	1.426	1.638	5.584	2.184	412.512	3819.531
18.50	9.516	0.2369	183.59	1.421	1.633	6.281	2.186	436.069	4149.807
19.00	9.774	0.2433	188.55	1.417	1.628	7.042	2.189	460.465	4500.401
19.50	10.031	0.2497	193.51	1.413	1.624	7.908	2.193	485.821	4873.173
20.00	10.288	0.2561	198.48	1.408	1.618	8.908	2.197	512.249	5270.018
20.50	10.545	0.2625	203.44	1.404	1.613	10.043	2.204	539.799	5692.288
21.00	10.802	0.2689	208.40	1.400	1.609	11.272	2.211	568.424	6140.343

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes Untuk Kapal PB 1600

V knot	V m / s	Fn	Rn * 10^7	CF (10^-3)					Cv (10^-3)		Cw (10^-5)	
				Prandtl	Hughes	Schoenherr	ITTC	Geberrs	Scholz	Granville	Eggers	Rassel
17.00	8.745	0.2176	168.70	1.179	1.283	1.437	1.436	1.446	1.577	1.532	16.45	27.36
17.50	9.002	0.2240	173.67	1.175	1.278	1.432	1.431	1.440	1.572	1.527	20.93	27.16
18.00	9.259	0.2305	178.63	1.171	1.274	1.427	1.426	1.435	1.566	1.522	26.17	26.97
18.50	9.516	0.2369	183.59	1.167	1.270	1.422	1.421	1.430	1.561	1.517	27.84	26.79
19.00	9.774	0.2433	188.55	1.163	1.266	1.418	1.417	1.426	1.556	1.512	25.78	26.62
19.50	10.031	0.2497	193.51	1.159	1.262	1.413	1.413	1.421	1.551	1.508	22.40	26.47
20.00	10.288	0.2561	198.48	1.155	1.258	1.409	1.408	1.417	1.547	1.503	20.03	26.32
20.50	10.545	0.2625	203.44	1.152	1.254	1.405	1.404	1.412	1.542	1.499	19.54	26.17
21.00	10.802	0.2689	208.40	1.148	1.251	1.401	1.400	1.408	1.538	1.494	20.50	26.04

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 1600

V knot	CT (10 ⁻³)													
	CT = CV + CW				CT = (1+k) CF + CW									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17.00	1.741	1.851	1.697	1.806	1.520	1.638	1.815	1.814	1.826	1.629	1.747	1.924	1.923	1.935
17.50	1.781	1.843	1.736	1.799	1.559	1.678	1.854	1.853	1.864	1.622	1.740	1.917	1.916	1.927
18.00	1.828	1.836	1.784	1.792	1.607	1.726	1.901	1.900	1.911	1.615	1.734	1.909	1.908	1.919
18.50	1.840	1.829	1.795	1.785	1.619	1.737	1.913	1.912	1.922	1.609	1.727	1.902	1.901	1.911
19.00	1.814	1.822	1.770	1.778	1.594	1.712	1.887	1.886	1.896	1.602	1.721	1.895	1.894	1.904
19.50	1.775	1.816	1.732	1.772	1.556	1.674	1.848	1.847	1.857	1.597	1.715	1.889	1.888	1.897
20.00	1.747	1.810	1.703	1.766	1.528	1.646	1.819	1.818	1.828	1.591	1.709	1.882	1.881	1.891
20.50	1.738	1.804	1.694	1.760	1.519	1.637	1.810	1.809	1.818	1.585	1.703	1.876	1.875	1.884
21.00	1.743	1.798	1.699	1.755	1.525	1.642	1.815	1.814	1.823	1.580	1.698	1.870	1.869	1.878

Keterangan :

CT1 = CvScholz + CwEggers

CT2 = CvScholz + CwRassel

CT3 = CvGranville + CwEggers

CT4 = CvGranville + CwRassel

CT5 = (1+k) CFPrandtl + CwEggers

CT6 = (1+k) CFHughes + CwEggers

CT7 = (1+k) CFSchoenherr + CwEggers

CT8 = (1+k) CFITTC + CwEggers

CT9 = (1+k) CFGeberrs + CwEggers

CT10 = (1+k) CFPrandtl + CwRassel

CT11 = (1+k) CFHughes + CwRassel

CT12 = (1+k) CFSchoenherr + CwRassel

CT13 = (1+k) CFITTC + CwRassel

CT14 = (1+k) CFGeberrs + CwRassel

(1+k) = 1.149

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 1600

V knot	RT (kN)													
	RT = CT (1/2 . ρ . Vs ² . Ss)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17.00	293.32	311.70	285.82	304.20	255.95	275.97	305.77	305.61	307.49	274.33	294.35	324.15	323.99	325.87
17.50	317.87	328.99	309.94	321.06	278.34	299.53	331.00	330.82	332.77	289.46	310.65	342.12	341.95	343.89
18.00	345.16	346.67	336.82	338.33	303.47	325.85	359.04	358.85	360.83	304.98	327.36	360.55	360.36	362.34
18.50	366.94	364.85	358.14	356.05	322.98	346.57	381.52	381.33	383.39	320.88	344.48	379.43	379.23	381.29
19.00	381.66	383.42	372.42	374.18	335.39	360.25	397.00	396.79	398.91	337.16	362.02	398.77	398.56	400.67
19.50	393.45	402.47	383.75	392.77	344.82	370.98	409.57	409.34	411.51	353.84	380.00	418.59	418.36	420.53
20.00	407.29	421.96	397.11	411.77	356.22	383.70	424.18	423.94	426.16	370.89	398.36	438.84	438.60	440.82
20.50	425.58	441.82	414.91	431.15	372.05	400.89	443.29	443.04	445.30	388.29	417.13	459.53	459.28	461.54
21.00	447.93	462.17	436.77	451.01	391.87	422.09	466.46	466.20	468.50	406.11	436.33	480.70	480.44	482.74

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Powering Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 1600

V knot	PE (kW)													
	PE = RT . Vs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
17.00	2565.1	2725.77	2499.44	2660.15	2238.23	2413.32	2673.93	2672.52	2688.97	2398.93	2574.02	2834.6	2833.22	2849.67
17.50	2861.4	2961.53	2790.11	2890.22	2505.63	2696.35	2979.67	2978.09	2995.63	2605.74	2796.46	3079.8	3078.19	3095.73
18.00	3195.9	3209.93	3118.64	3132.63	2809.90	3017.10	3324.40	3322.69	3340.98	2823.89	3031.08	3338.4	3336.68	3354.96
18.50	3492.0	3472.02	3408.22	3388.28	3073.56	3298.13	3630.74	3628.88	3648.47	3053.63	3278.20	3610.8	3608.95	3628.54
19.00	3730.2	3747.43	3639.86	3657.13	3277.99	3520.98	3880.13	3878.10	3898.75	3295.26	3538.25	3897.4	3895.37	3916.02
19.50	3946.7	4037.13	3849.28	3939.76	3458.82	3721.18	4108.27	4106.04	4127.78	3549.30	3811.66	4198.8	4196.52	4218.26
20.00	4190.2	4341.08	4085.44	4236.31	3664.81	3947.51	4363.92	4361.50	4384.29	3815.67	4098.37	4514.8	4512.37	4535.16
20.50	4487.9	4659.11	4375.35	4546.60	3923.38	4227.43	4674.58	4671.94	4695.80	4094.62	4398.68	4845.8	4843.19	4867.05
21.00	4838.8	4992.58	4718.17	4871.99	4233.13	4559.59	5038.90	5036.06	5060.95	4386.95	4713.41	5192.7	5189.88	5214.77

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Metode Modern MARIN
Untuk Kapal PB 1600

V knot	V m/s	F _n	RT _m N	R _n (10 ^{^7})	CF (10 ^{^-3})	CV (10 ^{^-3})	CT (10 ^{^-3})	FD N	RT kN	PE kW
17.00	8.745	0.2176	30.86	168.70	1.436	1.650	2.760	9.380	464.737	4064.03
17.50	9.002	0.2240	32.95	173.67	1.431	1.644	2.800	9.850	499.804	4499.23
18.00	9.259	0.2305	35.15	178.63	1.426	1.639	2.844	10.330	537.055	4972.70
18.50	9.516	0.2369	37.53	183.59	1.421	1.633	2.898	10.820	578.015	5500.62
19.00	9.774	0.2433	40.05	188.55	1.417	1.628	2.955	11.320	621.815	6077.37
19.50	10.031	0.2497	42.83	193.51	1.413	1.623	3.028	11.830	671.065	6731.32
20.00	10.288	0.2561	45.93	198.48	1.408	1.618	3.119	12.340	727.072	7480.12
20.50	10.545	0.2625	49.38	203.44	1.404	1.613	3.227	12.870	790.490	8335.87
21.00	10.802	0.2689	53.21	208.40	1.400	1.609	3.354	13.410	861.972	9311.36

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal Dengan Metode Ekstrapolasi
Dari Froude Untuk Kapal PB 1600

V knot	V m/s	F _n	RT _m N	R _n * 10 ^{^7}	CF (10 ^{^-3})	CV (10 ^{^-3})	CT (10 ^{^-3})	RT kN	PE kW
17.00	8.745	0.2176	30.86	168.70	1.436	1.650	2.990	503.823	4405.834
17.50	9.002	0.2240	32.95	173.67	1.431	1.644	3.030	540.971	4869.819
18.00	9.259	0.2305	35.15	178.63	1.426	1.639	3.070	580.351	5373.584
18.50	9.516	0.2369	37.53	183.59	1.421	1.633	3.130	623.486	5933.344
19.00	9.774	0.2433	40.05	188.55	1.417	1.628	3.180	669.509	6543.515
19.50	10.031	0.2497	42.83	193.51	1.413	1.623	3.250	721.030	7232.503
20.00	10.288	0.2561	45.93	198.48	1.408	1.618	3.340	779.353	8017.980
20.50	10.545	0.2625	49.38	203.44	1.404	1.613	3.450	845.132	8912.084
21.00	10.802	0.2689	53.21	208.40	1.400	1.609	3.580	919.021	9927.627

Data Model dan Data Kapal

Tipe Kapal : PB 400

Lwl	=	103.70	m	Lm	=	5.875	m
B	=	18.50	m	Bm	=	1.048	m
T	=	3.85	m	Tm	=	0.218	m
WSA	=	1849.90	m^2	WSAm	=	5.938	m^2
CB	=	0.635		ρm	=	1000	kg/m^3
CP	=	0.6472		vm	=	8.4E-07	m^2/sec
CM	=	0.9811496		(1+k)	=	1.418	
V disp=		4614.00	m^3	CA	=	0.00065	
W	=	4729.35	ton	λ	=	17.65	
ρs	=	1025	kg/m^3				
vs	=	8.5E-07	m^2/sec				

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal beserta komponen tahanan kapal
Dengan Metode Holtrop Untuk Kapal PB 400

V knot	V m/s	Fn	Rn * 10^7	CF *10^-3	CV *10^-3	CW *10^-5	CT *10^-3	RT kN	PE kW
13.00	6.687	0.210	81.30	1.571	2.227	3.77	2.915	123.596	826.511
13.50	6.944	0.218	84.42	1.563	2.217	4.64	2.913	133.205	925.029
14.00	7.202	0.226	87.55	1.556	2.207	5.61	2.913	143.237	1031.536
14.50	7.459	0.234	90.68	1.549	2.197	6.63	2.913	153.679	1146.261
15.00	7.716	0.242	93.80	1.543	2.188	7.68	2.914	164.529	1269.506
15.50	7.973	0.250	96.93	1.537	2.179	8.84	2.917	175.840	1402.007
16.00	8.230	0.258	100.06	1.531	2.170	10.23	2.923	187.709	1544.920
16.50	8.488	0.266	103.18	1.525	2.162	11.94	2.931	200.231	1699.481
17.00	8.745	0.274	106.31	1.519	2.154	13.95	2.944	213.429	1866.394

Tabel 3.9 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 400

V knot	V m / s	Fn	Rn * 10^7	CF (10^-3)					Cv (10^-3)		Cw (10^-5)	
				Prandtl	Hughes	Schoenherr	ITTC	Geberrss	Scholz	Granville	Eggers	Rassel
13.00	6.687	0.210	81.30	1.295	1.403	1.571	1.571	1.584	1.734	1.710	21.210	46.22
13.50	6.944	0.218	84.42	1.289	1.397	1.563	1.563	1.576	1.726	1.702	19.980	45.67
14.00	7.202	0.226	87.55	1.283	1.390	1.556	1.556	1.569	1.718	1.695	27.640	45.16
14.50	7.459	0.234	90.68	1.277	1.384	1.550	1.549	1.562	1.711	1.687	33.840	44.69
15.00	7.716	0.242	93.80	1.271	1.378	1.543	1.543	1.556	1.704	1.680	32.390	44.26
15.50	7.973	0.250	96.93	1.266	1.373	1.537	1.537	1.549	1.697	1.673	27.200	43.85
16.00	8.230	0.258	100.06	1.261	1.367	1.531	1.531	1.543	1.690	1.667	23.950	43.47
16.50	8.488	0.266	103.18	1.256	1.362	1.525	1.525	1.537	1.684	1.660	24.320	43.11
17.00	8.745	0.274	106.31	1.251	1.357	1.519	1.519	1.532	1.677	1.654	26.510	42.78

Tabel 3.10 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 400

V knot	CT (10 ⁻³)													
	CT = CV + CW				CT = (1+k) CF + CW									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13.00	1.946	2.196	1.922	2.172	2.049	2.202	2.439	2.439	2.458	2.299	2.452	2.689	2.689	2.708
13.50	1.926	2.183	1.902	2.159	2.027	2.180	2.417	2.417	2.435	2.284	2.437	2.674	2.673	2.692
14.00	1.995	2.170	1.971	2.146	2.095	2.248	2.483	2.483	2.501	2.270	2.423	2.658	2.658	2.677
14.50	2.049	2.158	2.026	2.134	2.149	2.301	2.536	2.535	2.554	2.258	2.410	2.644	2.644	2.662
15.00	2.027	2.146	2.004	2.123	2.127	2.278	2.512	2.512	2.530	2.245	2.397	2.631	2.630	2.649
15.50	1.969	2.135	1.945	2.112	2.067	2.218	2.451	2.451	2.469	2.234	2.385	2.618	2.617	2.635
16.00	1.929	2.125	1.906	2.101	2.027	2.178	2.410	2.410	2.428	2.222	2.373	2.605	2.605	2.623
16.50	1.927	2.115	1.904	2.092	2.024	2.175	2.406	2.405	2.423	2.212	2.362	2.594	2.593	2.611
17.00	1.943	2.105	1.920	2.082	2.039	2.189	2.420	2.419	2.437	2.202	2.352	2.582	2.582	2.599

Keterangan :

CT1 = CvScholz + CwEggers

CT2 = CvScholz + CwRassel

CT3 = CvGranville + CwEggers

CT4 = CvGranville + CwRassel

CT5 = (1+k) CFPrandtl + CwEggers

CT6 = (1+k) CFHughes + CwEggers

CT7 = (1+k) CFSchoenherr + CwEggers

CT8 = (1+k) CFITTC + CwEggers

CT9 = (1+k) CFGeberns + CwEggers

CT10 = (1+k) CFPrandtl + CwRassel

CT11 = (1+k) CFHughes + CwRassel

CT12 = (1+k) CFSchoenherr + CwRassel

CT13 = (1+k) CFITTC + CwRassel

CT14 = (1+k) CFGeberns + CwRassel

(1+k) = 1.418

Tabel 3.11 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 400

V knot	RT (kN)													
	RT = CT . (1/2 . ρ . Vs ² . Ss)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13.00	82.508	93.112	81.499	92.102	86.856	93.349	103.420	103.421	104.205	97.460	103.952	114.024	114.024	114.808
13.50	88.044	99.789	86.960	98.705	92.691	99.674	110.489	110.485	111.329	104.436	111.420	122.235	122.231	123.074
14.00	98.070	106.685	96.910	105.524	103.026	110.519	122.101	122.092	122.996	111.640	119.133	130.715	130.707	131.610
14.50	108.08	113.800	106.837	112.560	113.350	121.369	133.743	133.730	134.695	119.072	127.092	139.466	139.452	140.418
15.00	114.44	121.137	113.116	119.816	120.034	128.597	141.788	141.769	142.797	126.734	135.297	148.488	148.470	149.497
15.50	118.65	128.686	117.246	127.281	124.581	133.706	147.737	147.714	148.804	134.616	143.741	157.773	157.749	158.839
16.00	123.92	136.452	122.425	134.961	130.188	139.892	154.789	154.759	155.913	142.724	152.428	167.325	167.295	168.449
16.50	131.60	144.431	130.018	142.851	138.221	148.520	164.307	164.272	165.489	151.054	161.354	177.140	177.105	178.322
17.00	140.84	152.631	139.165	150.961	147.816	158.730	175.430	175.387	176.669	159.612	170.525	187.225	187.183	188.465

Tabel 3.12 Hasil Perhitungan Powering Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PB 400

V knot	PE (kW)													
	PE = RT . Vs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13.00	551.75	622.66	545.00	615.90	580.83	624.24	691.59	691.60	696.84	651.73	695.15	762.50	762.50	767.74
13.50	611.41	692.98	603.88	685.45	643.68	692.18	767.28	767.25	773.11	725.25	773.75	848.85	848.82	854.68
14.00	706.26	768.30	697.90	759.94	741.95	795.91	879.32	879.26	885.77	803.99	857.95	941.36	941.30	947.81
14.50	806.13	848.81	796.88	839.56	845.45	905.27	997.56	997.46	1004.66	888.14	947.95	1040.25	1040.15	1047.35
15.00	882.99	934.69	872.80	924.50	926.18	992.26	1094.04	1093.89	1101.82	977.88	1043.96	1145.74	1145.59	1153.52
15.50	946.02	1026.04	934.82	1014.83	993.31	1066.06	1177.94	1177.75	1186.44	1073.32	1146.08	1257.95	1257.76	1266.46
16.00	1019.9	1123.05	1007.60	1110.78	1071.50	1151.37	1273.97	1273.73	1283.22	1174.68	1254.55	1377.15	1376.91	1386.40
16.50	1116.9	1225.87	1103.54	1212.47	1173.16	1260.58	1394.57	1394.27	1404.60	1282.09	1369.51	1503.49	1503.20	1513.53
17.00	1231.6	1334.73	1216.97	1320.12	1292.62	1388.06	1534.10	1533.73	1544.94	1395.77	1491.21	1637.25	1636.88	1648.09

Tabel 3.13 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Metode Modern MARIN
Untuk Kapal PB 400

V knot	V m/s	Fn	RTm N	Rn (10 [^] 7)	CF (10 [^] -3)	CV (10 [^] -3)	CT (10 [^] -3)	FD N	RT kN	PE kW
13.00	6.687	0.210	32.21	81.30	1.571	2.227	2.968	9.879	125.843	841.54
13.50	6.944	0.218	34.68	84.42	1.563	2.217	2.977	10.520	136.149	945.47
14.00	7.202	0.226	37.02	87.55	1.556	2.207	2.961	11.178	145.634	1048.80
14.50	7.459	0.234	39.53	90.68	1.549	2.197	2.957	11.856	155.989	1163.49
15.00	7.716	0.242	43.10	93.80	1.543	2.188	3.051	12.539	172.231	1328.93
15.50	7.973	0.250	47.70	96.93	1.537	2.179	3.222	13.242	194.192	1548.33
16.00	8.230	0.258	53.45	100.06	1.531	2.170	3.465	13.965	222.549	1831.67
16.50	8.488	0.266	60.39	103.18	1.525	2.162	3.770	14.694	257.529	2185.80
17.00	8.745	0.274	68.25	106.31	1.519	2.154	4.105	15.445	297.611	2602.55

Tabel 3.14 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Metode Ekstrapolasi
Froude Untuk Kapal PB 400

V knot	V m/s	Fn	RTm N	Rn * 10 [^] 7	CF (10 [^] -3)	CV (10 [^] -3)	CT (10 [^] -3)	RT kN	PE kW
13.00	6.687	0.2097	32.21	81.30	1.571	2.227	3.557	150.813	1008.52
13.50	6.944	0.2177	34.68	84.42	1.563	2.217	3.562	162.857	1130.94
14.00	7.202	0.2258	37.02	87.55	1.556	2.207	3.541	174.131	1254.02
14.50	7.459	0.2339	39.53	90.68	1.549	2.197	3.533	186.321	1389.73
15.00	7.716	0.2419	43.10	93.80	1.543	2.188	3.622	204.456	1577.58
15.50	7.973	0.2500	47.70	96.93	1.537	2.179	3.789	228.354	1820.71
16.00	8.230	0.2580	53.45	100.06	1.531	2.170	4.028	258.699	2129.20
16.50	8.488	0.2661	60.39	103.18	1.525	2.162	4.330	295.713	2509.89
17.00	8.745	0.2742	68.25	106.31	1.519	2.154	4.660	337.882	2954.71

Data Model dan Data Kapal

Tipe Kapal : Tanker 17500

Lwl	=	156.70	m	Lm	=	6.083	m
B	=	26.80	m	Bm	=	1.040	m
T	=	7.00	m	Tm	=	0.272	m
WSA	=	5371.80	m^2	WSAm	=	8.095	m^2
CB	=	0.8094		ρm	=	1000	kg/m^3
CP	=	0.8169		vm	=	8.4E-07	m^2/sec
CM	=	0.9908		(1+k)	=	1.304	
V disp=		23410.7	m^3	CA	=	0.00004	
W	=	23996.0	ton	λ	=	25.76	
ρs	=	1025	kg/m^3				
vs	=	8.5E-07	m^2/sec				

Tabel 3.15 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal beserta komponen tahanan kapal
Dengan Metode Holtrop Untuk Kapal Tanker 17500

V knot	V m/s	Fn	Rn * 10^7	CF *10^-3	CV *10^-3	CW *10^-5	CT *10^-3	RT kN	PE kW
10.00	5.144	0.1312	94.5	1.541	2.010	0.254	2.053	149.523	769.146
10.50	5.401	0.1378	99.2	1.532	1.998	0.391	2.042	163.983	885.705
11.00	5.658	0.1443	103.9	1.523	1.986	0.577	2.032	179.124	1013.555
11.50	5.916	0.1509	108.7	1.515	1.975	0.822	2.024	194.966	1153.341
12.00	6.173	0.1574	113.4	1.507	1.965	1.136	2.017	211.532	1305.745
12.50	6.430	0.1640	118.1	1.499	1.955	1.526	2.011	228.852	1471.518
13.00	6.687	0.1706	122.8	1.492	1.946	2.001	2.006	246.955	1651.437
13.50	6.944	0.1771	127.6	1.485	1.937	2.567	2.003	265.879	1846.370
14.00	7.202	0.1837	132.3	1.479	1.928	3.232	2.001	285.661	2057.216

Tabel 3.16 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Tanker 17500

V knot	V m / s	Fn	Rn * 10^7	CF (10^-3)					Cv (10^-3)		Cw (10^-5)	
				Prandtl	Hughes	Schoenherr	ITTC	Geberrss	Scholz	Granville	Eggers	Rassel
10.00	5.144	0.1312	94.5	1.270	1.377	1.542	1.541	1.554	1.697	1.679	5.990	25.35
10.50	5.401	0.1378	99.2	1.262	1.369	1.532	1.532	1.545	1.686	1.668	6.030	24.86
11.00	5.658	0.1443	103.9	1.255	1.361	1.524	1.523	1.536	1.677	1.659	7.340	24.43
11.50	5.916	0.1509	108.7	1.247	1.353	1.515	1.515	1.527	1.668	1.650	10.730	24.04
12.00	6.173	0.1574	113.4	1.241	1.346	1.507	1.507	1.519	1.659	1.641	8.240	23.68
12.50	6.430	0.1640	118.1	1.234	1.340	1.500	1.499	1.511	1.651	1.633	13.520	23.36
13.00	6.687	0.1706	122.8	1.228	1.333	1.493	1.492	1.504	1.643	1.626	10.120	23.06
13.50	6.944	0.1771	127.6	1.222	1.327	1.486	1.485	1.497	1.635	1.618	15.760	22.79
14.00	7.202	0.1837	132.3	1.216	1.321	1.479	1.479	1.490	1.628	1.610	16.490	22.53

Tabel 3.17 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Total Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Tanker 17500

V knot	CT (10 ⁻³)													
	CT = CV + CW				CT = (1+k) CF + CW									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10.00	1.757	1.951	1.739	1.933	1.716	1.856	2.071	2.069	2.086	1.910	2.049	2.264	2.263	2.280
10.50	1.747	1.935	1.728	1.917	1.706	1.845	2.059	2.058	2.075	1.894	2.033	2.247	2.246	2.263
11.00	1.750	1.921	1.732	1.903	1.709	1.848	2.060	2.060	2.076	1.880	2.019	2.231	2.231	2.247
11.50	1.775	1.908	1.757	1.890	1.734	1.872	2.083	2.083	2.099	1.867	2.005	2.216	2.216	2.232
12.00	1.741	1.896	1.723	1.878	1.700	1.838	2.048	2.048	2.063	1.854	1.992	2.203	2.202	2.218
12.50	1.786	1.884	1.768	1.867	1.744	1.882	2.091	2.090	2.106	1.843	1.980	2.190	2.189	2.205
13.00	1.744	1.874	1.727	1.857	1.702	1.840	2.048	2.047	2.063	1.832	1.969	2.177	2.177	2.192
13.50	1.793	1.863	1.776	1.846	1.751	1.888	2.095	2.095	2.110	1.821	1.958	2.166	2.165	2.180
14.00	1.793	1.853	1.775	1.835	1.751	1.888	2.094	2.093	2.108	1.811	1.948	2.155	2.154	2.169

Keterangan :

CT1 = CvScholz + CwEggers
CT2 = CvScholz + CwRassel
CT3 = CvGranville + CwEggers
CT4 = CvGranville + CwRassel
CT5 = (1+k) CFPrandtl + CwEggers
CT6 = (1+k) CFHughes + CwEggers
CT7 = (1+k) CFSchoenherr + CwEggers
CT8 = (1+k) CFITTC + CwEggers
CT9 = (1+k) CFGeberris + CwEggers

CT10 = (1+k) CFPrandtl + CwRassel
CT11 = (1+k) CFHughes + CwRassel
CT12 = (1+k) CFSchoenherr + CwRassel
CT13 = (1+k) CFITTC + CwRassel
CT14 = (1+k) CFGeberris + CwRassel
(1+k) = 1.304

Tabel 3.18 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Tanker 17500

V knot	RT (kN)													
	RT = CT . (1/2 . ρ . Vs ² . Ss)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10.00	127.99	142.089	126.675	140.778	125.005	135.169	150.843	150.748	151.983	139.108	149.273	164.947	164.852	166.087
10.50	140.29	155.413	138.808	153.931	137.019	148.184	165.332	165.300	166.629	152.142	163.307	180.456	180.423	181.752
11.00	154.27	169.338	152.704	167.768	150.665	162.883	181.603	181.560	183.001	165.729	177.947	196.667	196.624	198.065
11.50	171.01	183.828	169.300	182.123	167.038	180.356	200.712	200.657	202.213	179.861	193.179	213.535	213.480	215.036
12.00	182.68	198.874	180.786	196.982	178.334	192.799	214.855	214.788	216.459	194.530	208.996	231.051	230.985	232.655
12.50	203.29	214.489	201.264	212.465	198.553	214.210	238.029	237.950	239.735	209.753	225.410	249.229	249.150	250.935
13.00	214.72	230.651	212.640	228.571	209.575	226.472	252.118	252.026	253.924	225.506	242.402	268.049	267.957	269.855
13.50	238.04	247.378	235.737	245.071	232.471	250.652	278.188	278.082	280.094	241.804	259.986	287.522	287.416	289.428
14.00	256.02	264.641	253.423	262.047	249.996	269.511	299.000	298.880	301.004	258.620	278.135	307.624	307.504	309.628

Tabel 3.19 Hasil Perhitungan Powering Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal TANKER 17500

V knot	PE (kW)													
	PE = RT . Vs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10.00	658.36	730.91	651.62	724.16	643.03	695.31	775.94	775.45	781.80	715.57	767.86	848.49	848.00	854.35
10.50	757.73	839.41	749.73	831.41	740.07	800.37	892.99	892.82	900.00	821.75	882.06	974.68	974.50	981.68
11.00	872.95	958.18	864.06	949.30	852.52	921.66	1027.58	1027.34	1035.49	937.76	1006.90	1112.82	1112.58	1120.73
11.50	1011.6	1087.45	1001.51	1077.37	988.13	1066.91	1187.33	1187.01	1196.21	1063.98	1142.77	1263.19	1262.86	1272.06
12.00	1127.6	1227.61	1115.95	1215.93	1100.82	1190.11	1326.26	1325.85	1336.16	1200.80	1290.09	1426.23	1425.82	1436.13
12.50	1307.1	1379.16	1294.13	1366.15	1276.69	1377.37	1530.53	1530.02	1541.50	1348.71	1449.39	1602.55	1602.03	1613.52
13.00	1435.9	1542.41	1421.97	1528.50	1401.47	1514.46	1685.96	1685.35	1698.04	1508.00	1620.99	1792.49	1791.88	1804.57
13.50	1653.1	1717.89	1637.05	1701.87	1614.37	1740.63	1931.85	1931.12	1945.09	1679.19	1805.45	1996.67	1995.93	2009.90
14.00	1843.7	1905.84	1825.05	1887.16	1800.37	1940.91	2153.28	2152.41	2167.71	1862.48	2003.01	2215.38	2214.52	2229.82

Tabel 3.20 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Modern MARIN Methode
Untuk Kapal TANKER 17500

V knot	V m/s	F _n	RT _m N	R _n (10 [^] 7)	CF (10 [^] -3)	CV (10 [^] -3)	CT (10 [^] -3)	FD N	RT kN	PE kW
10.00	5.144	0.1312	21.45	94.50	1.541	2.010	3.078	9.198	224.23	1153.42
10.50	5.401	0.1378	23.65	99.22	1.532	1.998	3.102	10.023	294.13	1588.64
11.00	5.658	0.1443	25.94	103.95	1.523	1.986	3.121	10.879	275.09	1556.57
11.50	5.916	0.1509	28.30	108.67	1.515	1.975	3.132	11.765	301.77	1785.16
12.00	6.173	0.1574	30.86	113.40	1.507	1.965	3.160	12.682	331.45	2045.99
12.50	6.430	0.1640	33.52	118.12	1.499	1.955	3.184	13.629	362.28	2329.48
13.00	6.687	0.1706	36.54	122.85	1.492	1.946	3.242	14.606	399.13	2669.04
13.50	6.944	0.1771	39.82	127.57	1.485	1.937	3.314	15.240	439.93	3055.06
14.00	7.202	0.1837	43.65	132.30	1.479	1.928	3.431	15.690	489.88	3527.95

Tabel 3.21 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Metode Ekstrapolasi
Dari Froude Untuk Kapal TANKER 17500

V knot	V m/s	F _n	RT _m N	R _n * 10 [^] 7	CF (10 [^] -3)	CV (10 [^] -3)	CT (10 [^] -3)	RT kN	PE kW
10.00	5.144	0.1312	21.45	94.50	1.541	2.010	3.572	260.21	1338.53
10.50	5.401	0.1378	23.65	99.22	1.532	1.998	3.590	288.33	1557.32
11.00	5.658	0.1443	25.94	103.95	1.523	1.986	3.604	317.68	1797.54
11.50	5.916	0.1509	28.30	108.67	1.515	1.975	3.611	347.89	2057.96
12.00	6.173	0.1574	30.86	113.40	1.507	1.965	3.634	381.21	2353.13
12.50	6.430	0.1640	33.52	118.12	1.499	1.955	3.653	415.80	2673.60
13.00	6.687	0.1706	36.54	122.85	1.492	1.946	3.707	456.38	3051.89
13.50	6.944	0.1771	39.82	127.57	1.485	1.937	3.889	516.32	3585.55
14.00	7.202	0.1837	43.65	132.30	1.479	1.928	3.890	555.42	3999.91

Data Model dan Data Kapal

Tipe Kapal : Pass 500

Lwl	=	70.33	m	Lm	=	6.518	m
B	=	15.20	m	Bm	=	1.409	m
T	=	2.85	m	Tm	=	0.264	m
WSA	=	1101	m^2	WSAm	=	9.457	m^2
CB	=	0.689		ρm	=	1000	kg/m^3
CP	=	0.7008		vm	=	8.4E-07	m^2/sec
CM	=	0.9832		(1+k)	=	1.411	
V disp	=	2081.00	m^3	CA	=	0.0004	
W	=	2133.03	ton	λ	=	10.79	
ρs	=	1025	kg/m^3				
vs	=	8.5E-07	m^2/sec				

Tabel 3.22 Hasil Perhitungan Tahanan dan Powering Kapal beserta komponen tahanan kapal
Dengan Metode Holtrop Untuk Kapal Pass 500

V knot	V m/s	Fn	Rn * 10^7	CF *10^-3	CV *10^-3	CW *10^-5	CT *10^-3	RT kN	PE kW
12.00	6.173	0.235	50.89	1.667	2.353	7.030	2.823	60.696	374.664
12.50	6.430	0.245	53.02	1.659	2.352	8.721	2.839	65.965	424.155
13.00	6.687	0.255	55.14	1.650	2.340	10.358	2.844	71.463	477.887
13.50	6.944	0.264	57.26	1.642	2.329	12.122	2.850	77.239	536.379
14.00	7.202	0.274	59.38	1.635	2.318	14.472	2.863	83.438	600.887
14.50	7.459	0.284	61.50	1.627	2.308	17.743	2.885	90.207	672.836
15.00	7.716	0.294	63.62	1.620	2.298	21.831	2.916	97.575	752.889
15.50	7.973	0.304	65.74	1.614	2.288	26.087	2.949	105.373	840.160
16.00	8.230	0.313	67.86	1.607	2.279	29.617	2.975	113.279	932.331

Tabel 3.23 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Pass 500

V knot	V m / s	Fn	Rn * 10^7	CF (10^-3)					Cv (10^-3)		Cw (10^-5)	
				Prandtl	Hughes	Schoenherr	ITTC	Geberr	Scholz	Granville	Eggers	Rassel
12.00	6.173	0.235	50.895	1.378	1.490	1.666	1.667	1.679	1.897	1.814	45.00	65.54
12.50	6.430	0.245	53.015	1.370	1.482	1.658	1.659	1.671	1.887	1.805	40.42	64.64
13.00	6.687	0.255	55.136	1.363	1.474	1.649	1.650	1.663	1.878	1.795	32.54	63.81
13.50	6.944	0.264	57.257	1.356	1.467	1.641	1.642	1.655	1.869	1.787	31.57	63.05
14.00	7.202	0.274	59.377	1.350	1.460	1.634	1.635	1.647	1.860	1.779	35.24	62.35
14.50	7.459	0.284	61.498	1.344	1.454	1.627	1.627	1.640	1.852	1.772	37.47	61.70
15.00	7.716	0.294	63.619	1.338	1.447	1.620	1.620	1.633	1.844	1.764	35.59	61.10
15.50	7.973	0.304	65.739	1.332	1.441	1.613	1.614	1.626	1.836	1.756	31.73	60.53
16.00	8.230	0.313	67.860	1.326	1.436	1.607	1.607	1.620	1.829	1.745	29.96	60.01

Tabel 3.24 Hasil Perhitungan Komponen Tahanan Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Pass 500

V knot	CT (10 ⁻³)													
	CT = CV + CW				CT = (1+k) CF + CW									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12.00	2.347	2.552	2.264	2.469	2.394	2.552	2.801	2.803	2.819	2.600	2.757	3.007	3.008	3.025
12.50	2.291	2.533	2.209	2.451	2.338	2.495	2.743	2.745	2.762	2.580	2.737	2.985	2.987	3.004
13.00	2.203	2.516	2.120	2.433	2.249	2.406	2.653	2.654	2.671	2.562	2.718	2.965	2.967	2.984
13.50	2.184	2.499	2.103	2.418	2.230	2.386	2.632	2.633	2.650	2.544	2.701	2.947	2.948	2.965
14.00	2.212	2.483	2.131	2.403	2.257	2.413	2.658	2.659	2.677	2.528	2.684	2.929	2.930	2.948
14.50	2.226	2.469	2.147	2.389	2.271	2.426	2.670	2.671	2.689	2.513	2.668	2.912	2.913	2.931
15.00	2.200	2.455	2.120	2.375	2.243	2.398	2.641	2.642	2.660	2.498	2.653	2.896	2.897	2.915
15.50	2.154	2.442	2.073	2.361	2.196	2.351	2.593	2.594	2.612	2.484	2.639	2.881	2.882	2.900
16.00	2.128	2.429	2.045	2.345	2.171	2.325	2.567	2.567	2.585	2.471	2.626	2.867	2.868	2.886

Keterangan :

CT1 = CvScholz + CwEggers

CT2 = CvScholz + CwRassel

CT3 = CvGranville + CwEggers

CT4 = CvGranville + CwRassel

CT5 = (1+k) CFPrandtl + CwEggers

CT6 = (1+k) CFHughes + CwEggers

CT7 = (1+k) CFSchoenherr + CwEggers

CT8 = (1+k) CFITTC + CwEggers

CT9 = (1+k) CFGeberns + CwEggers

CT10 = (1+k) CFPrandtl + CwRassel

CT11 = (1+k) CFHughes + CwRassel

CT12 = (1+k) CFSchoenherr + CwRassel

CT13 = (1+k) CFITTC + CwRassel

CT14 = (1+k) CFGeberns + CwRassel

(1+k) = 1.411

Tabel 3.25 Hasil Perhitungan Tahanan Total Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal PASS 500

V knot	RT (kN)													
	RT = CT . (1/2 . ρ . Vs ² . Ss)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12.00	50.458	54.874	48.677	53.093	51.476	54.864	60.226	60.260	60.618	55.892	59.280	64.642	64.676	65.034
12.50	53.452	59.102	51.539	57.190	54.540	58.205	63.995	64.029	64.425	60.190	63.855	69.646	69.679	70.075
13.00	55.588	63.478	53.504	61.395	56.747	60.700	66.935	66.967	67.403	64.637	68.590	74.825	74.858	75.293
13.50	59.437	68.003	57.217	65.784	60.670	64.920	71.616	71.646	72.123	69.236	73.486	80.182	80.213	80.689
14.00	64.744	72.677	62.374	70.308	66.052	70.610	77.781	77.810	78.329	73.985	78.544	85.715	85.744	86.262
14.50	69.892	77.499	67.389	74.996	71.277	76.154	83.815	83.842	84.404	78.883	83.760	91.422	91.449	92.010
15.00	73.898	82.468	71.217	79.786	75.360	80.567	88.734	88.759	89.365	83.930	89.137	97.304	97.329	97.935
15.50	77.249	87.580	74.372	84.703	78.791	84.337	93.025	93.048	93.699	89.122	94.668	103.356	103.379	104.030
16.00	81.357	92.843	78.150	89.636	82.979	88.876	98.100	98.121	98.818	94.465	100.362	109.586	109.607	110.304

Tabel 3.26 Hasil Perhitungan Powering Kapal Dengan Metode Hughes
Untuk Kapal Pass 500

V knot	PE (kW)													
	PE = RT . Vs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
12.00	311.47	338.73	300.47	327.73	317.75	338.67	371.76	371.97	374.18	345.01	365.93	1971.17	399.23	401.44
12.50	343.69	380.03	331.40	367.73	350.69	374.26	411.49	411.70	414.25	387.02	410.59	2287.65	448.04	450.59
13.00	371.73	424.49	357.79	410.56	379.48	405.91	447.61	447.82	450.74	432.24	458.68	2640.05	500.59	503.50
13.50	412.75	472.24	397.34	456.83	421.32	450.83	497.33	497.54	500.85	480.80	510.32	3030.99	557.03	560.34
14.00	466.26	523.39	449.19	506.33	475.68	508.51	560.15	560.36	564.09	532.81	565.64	3463.12	617.49	621.23
14.50	521.31	578.05	502.64	559.38	531.64	568.02	625.16	625.36	629.55	588.37	624.75	3939.01	682.10	686.29
15.00	570.20	636.33	549.51	615.63	581.48	621.66	684.67	684.86	689.54	647.60	687.78	4461.60	750.99	755.66
15.50	615.92	698.29	592.98	675.35	628.21	672.44	741.71	741.89	747.08	710.58	754.81	5033.19	824.26	829.45
16.00	669.60	764.13	643.21	737.74	682.95	731.48	807.41	807.58	813.31	777.49	826.02	5657.52	902.11	907.84

Tabel 3.27 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Modern MARIN Methode
Untuk Kapal PASS 500

V knot	V m/s	Fn	RTm N	Rn (10^7)	CF (10^-3)	CV (10^-3)	CT (10^-3)	FD N	RT kN	PE kW
12.00	6.173	0.235	73.01	50.89	1.667	2.353	3.148	20.461	67.663	417.67
12.50	6.430	0.245	81.73	53.02	1.659	2.340	3.301	21.935	76.993	495.07
13.00	6.687	0.255	91.89	55.14	1.650	2.329	3.493	23.451	88.124	589.30
13.50	6.944	0.264	104.93	57.26	1.642	2.317	3.782	25.009	102.908	714.64
14.00	7.202	0.274	120.85	59.38	1.635	2.306	4.147	26.608	121.348	873.90
14.50	7.459	0.284	140.97	61.50	1.627	2.296	4.624	28.247	145.144	1082.60
15.00	7.716	0.294	164.47	63.62	1.620	2.286	5.157	29.927	173.240	1336.72
15.50	7.973	0.304	188.48	65.74	1.614	2.277	5.630	31.647	201.941	1610.12
16.00	8.230	0.313	213.12	67.86	1.607	2.267	6.054	33.406	231.403	1904.54

Tabel 3.28 Hasil Perhitungan Tahanan Dan Powering Kapal Dengan Metode Ekstrapolasi
Froude Untuk Kapal PASS 500

V knot	V m/s	Fn	RTm N	Rn * 10^7	CF *10^-3	CV *10^-3	CT *10^-3	RT kN	PE kW
12.00	6.173	0.235	73.01	50.89	1.667	2.353	3.627	77.977	481.339
12.50	6.430	0.245	81.73	53.02	1.659	2.340	3.776	88.082	566.370
13.00	6.687	0.255	91.89	55.14	1.650	2.329	3.964	100.014	668.812
13.50	6.944	0.264	104.93	57.26	1.642	2.317	4.249	115.624	802.939
14.00	7.202	0.274	120.85	59.38	1.635	2.306	4.610	134.915	971.601
14.50	7.459	0.284	140.97	61.50	1.627	2.296	5.084	159.584	1190.31
15.00	7.716	0.294	164.47	63.62	1.620	2.286	5.613	188.575	1455.04
15.50	7.973	0.304	188.48	65.74	1.614	2.277	6.083	218.198	1739.73
16.00	8.230	0.313	213.12	67.86	1.607	2.267	6.504	248.601	2046.09

Tabel 3.29 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dan Koeffisien Tahanan Total Kapal Dengan Beberapa Metode
dan Hasil Sea TRial Untuk Kapal PB 1600

V knot	V m/s	Fn	RT (kN)					CT (*10^-3)				
			Holtrop	Hughes	MARIN	Froude	Trial	Holtrop	Hughes	MARIN	Froude	Trial
18.75	9.645	0.240	448.16	346.99	599.94	646.52	688.85	2.187	1.693	2.928	3.155	2.436
19.95	10.262	0.255	509.56	379.93	721.48	773.53	1000.17	2.197	1.638	3.110	3.335	3.125
20.40	10.494	0.261	534.20	397.91	777.82	831.99	1092.17	2.202	1.640	3.207	3.430	3.264
20.75	10.674	0.266	553.99	413.58	826.26	882.10	1254.08	2.208	1.648	3.293	3.515	3.622

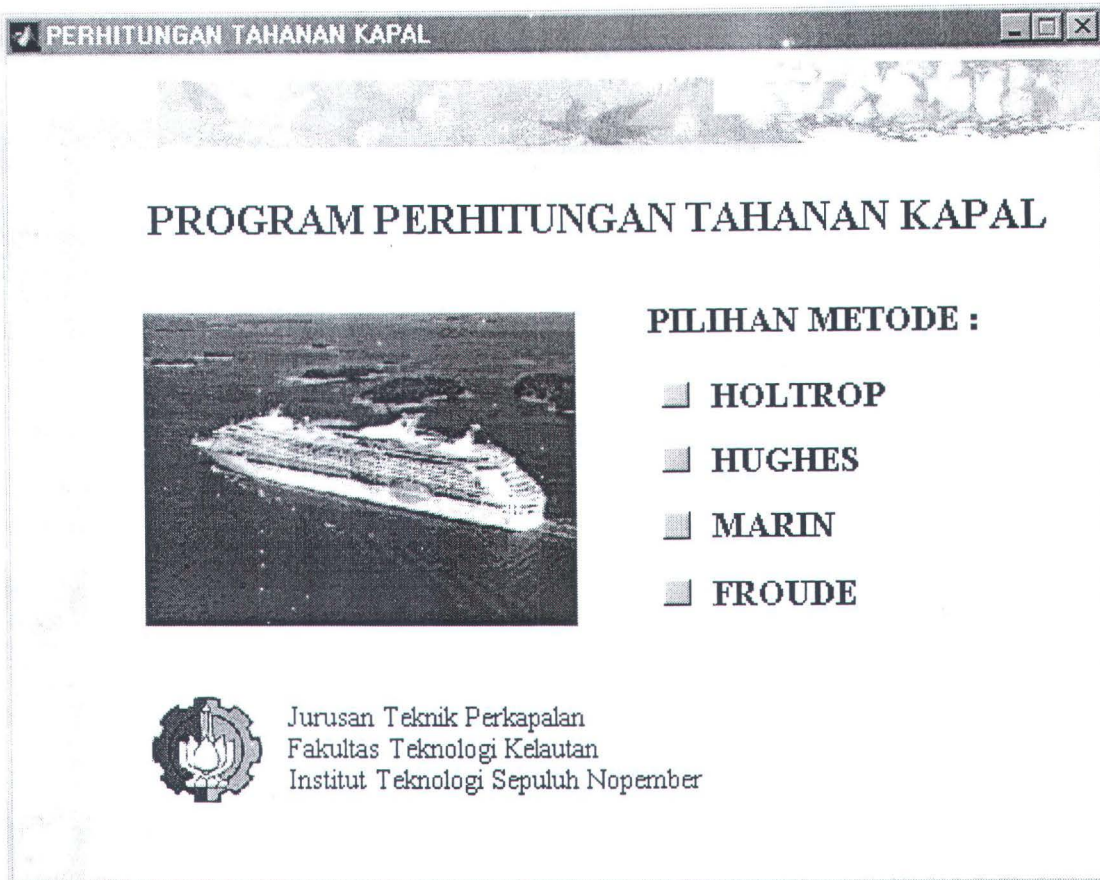
Tabel 3.30 Hasil Perhitungan Tahanan Kapal dan Koeffisien Tahanan Total Kapal Dengan Beberapa Metode
dan Hasil Sea TRial Untuk Kapal PB 400

V knot	V m/s	Fn	RT (kN)					CT (*10^-3)				
			Holtrop	Hughes	MARIN	Froude	Trial	Holtrop	Hughes	MARIN	Froude	Trial
12.11	6.231	0.195	107.58	85.01	107.32	129.35	282.46	1.258	0.994	1.255	1.513	2.093
14.80	7.613	0.239	160.16	129.43	165.71	197.19	346.77	1.255	1.014	1.298	1.545	1.721
15.60	8.025	0.252	178.19	134.95	199.84	234.43	394.78	1.256	0.951	1.409	1.653	1.764
16.03	8.243	0.259	188.35	141.94	224.29	260.57	427.02	1.258	0.948	1.498	1.741	1.808

LAMPIRAN C

Program perhitungan tahanan total kapal ini dibuat dalam Bahasa Matlab. Matlab sebagai salah satu Bahasa Pemrograman Teknis dipilih karena paling sesuai untuk penggunaan fungsi matematis. Sistem yang diperlukan adalah Komputer PC berbasis Windows 95 minimal 8 MB atau Windows NT 3.51 atau 4.0 dengan minimal 12 MB. Langkah-langkah dalam menjalankan program ini adalah sebagai berikut :

- Klik Menu Matlab 5.3 pada Windows 95.
- Setelah Matlab terbuka, ketikkan nama file yang akan dijalankan yaitu file 'Buka Program'
- Akan ditampilkan tampilan awal dari program. (lihat gambar 1). Klik tombol yang ada di samping pilihan metode yang tersedia.
- Setelah tombol diklik akan tampak tampilan yang berisi pilihan metode dan input dari setiap metode. (lihat gambar: 2, 4, 6, 8)
- Isilah input yang diperlukan sesuai dengan pilihan metode.
- Setelah input diisi kemudian klik tombol hitung. Akan tampak tampilan waitbar selama proses perhitungan dilakukan.
- Setelah proses selesai klik tombol grafik. Akan tampak tampilan yang terdiri dari tabel hasil perhitungan, pilihan sumbu x dan y, serta tampilan dari grafik. (lihat gambar: 3, 5, 7, 9).
- Pilih nilai yang akan digrafikkan dengan pilihan sumbu x dan y. kemudian klik tombol Plot maka akan tampak tampilan grafik yang diinginkan. (lihat gambar : 3, 5, 7, 9)
- Klik tombol Back untuk kembali ke menu pilihan metode.



Gambar 1. Tampilan awal program perhitungan tahanan kapal

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL

File Edit Tools Window Help

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL METODE HOLTROP

Data Kapal

Lwl

164.56

m

CB

0.6028

B

27.5

m

CM

0.9736

T

5.3377

m

CP

0.6191

S

4297.9

m²

Lambda

27.68

(1+k)

1.149

Vdisp

14799.64

m³

Nu

8.53e-7

m²/s

W

15169.63

ton

CA

0.00049

Pot Normal

Kecepatan(knot)

Dari

17

Sampai

21

Tanpa Bulb

Dengan Bulb

HB (m)

ABT(m²)

Tf (m)

HOLTROP

HUGHES

MARIN

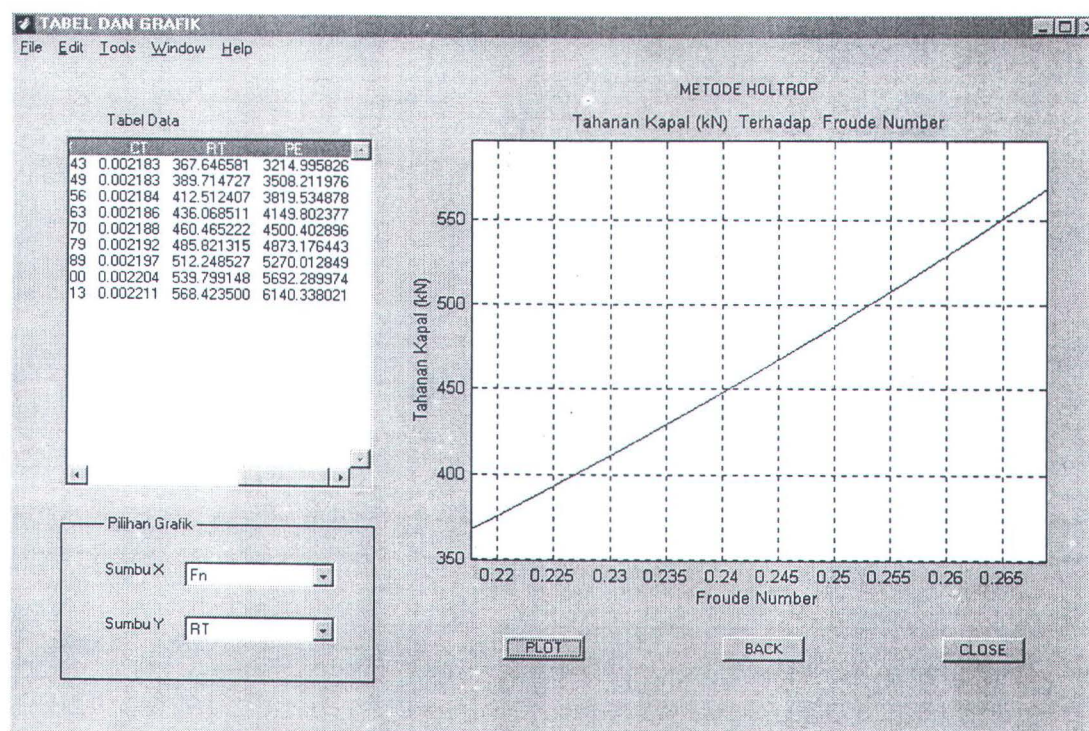
FROUDE

HITUNG

GRAFIK

CLOSE

Gambar 2. Tampilan input untuk Metode Holtrop



Gambar 3. Tabel dan grafik hasil perhitungan dengan Metode Holtrop

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL

File Edit Tools Window Help

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL METODE HUGHES

Lwl	164.56	m	Data Egger		Kecepatan(knot)
B	27.5	m	B tangki	14	Dari
T	5.3377	m	H tangki	7	Sampai
CB	0.6028		L model	5.945	
CP	0.6191		B model	0.9935	
CM	0.9736		T model	0.1928	
WS ship	4297.9	m ²	WS model	5.6095	m ²
Rho	1.025	ton/m ³	YS	0	m
Nu	8.53e-7	m ² /s	MMAX	100	
(1+k)	1.149		DEGM	80	

HOLTROP

HUGHES

MARIN

FROUDE

Pilihan Metode

☒ CT=(1+k)CF+CW

☐ CT=CV+CW

CF **Prandtl**

CV **Scholz**

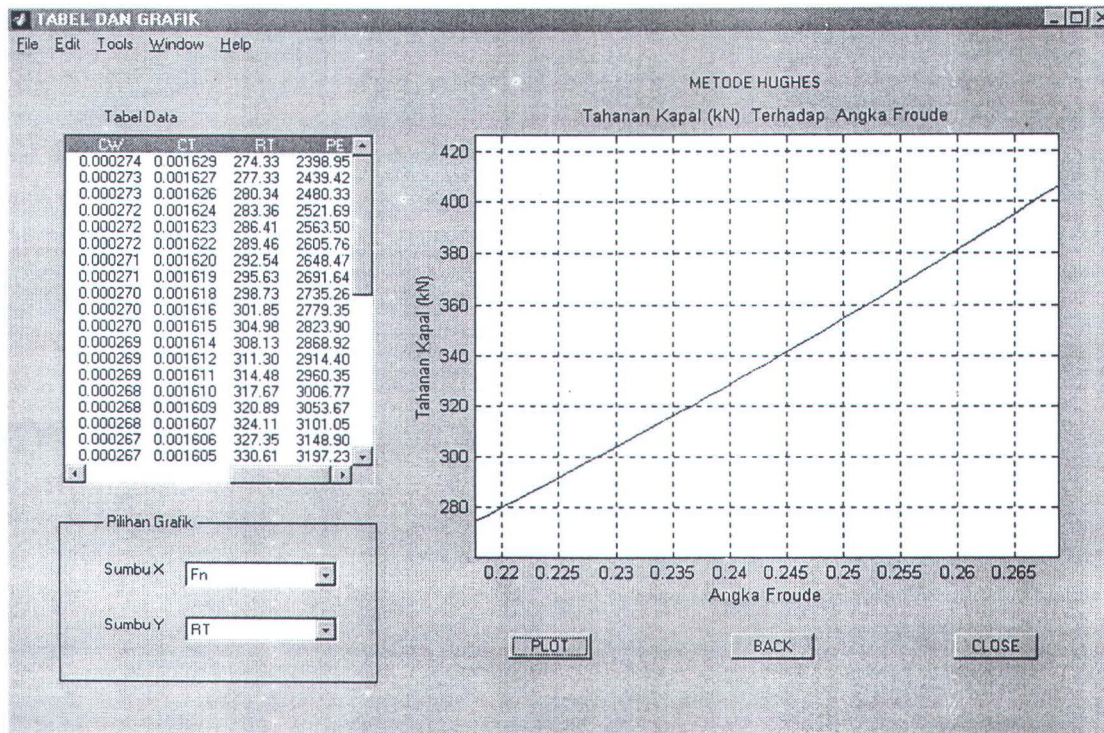
CW **Russell&Chap**

HITUNG

GRAFIK

CLOSE

Gambar 4. Tampilan input untuk Metode Hughes



Gambar 5. Tabel dan grafik hasil perhitungan dengan Metode Hughes

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL
File Edit Tools Window Help

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL METODE MARIN

Data Kapal

L ship m CA

WSA ship m² Rho model kg/m³ Sampai

Rho ship kg/m³ Nu model m²/s

Lambda Rt model N

Nu ship m²/s (1+k)

Kecepatan(knot)

Dari

HOLTROP

HUGHES

MARIN

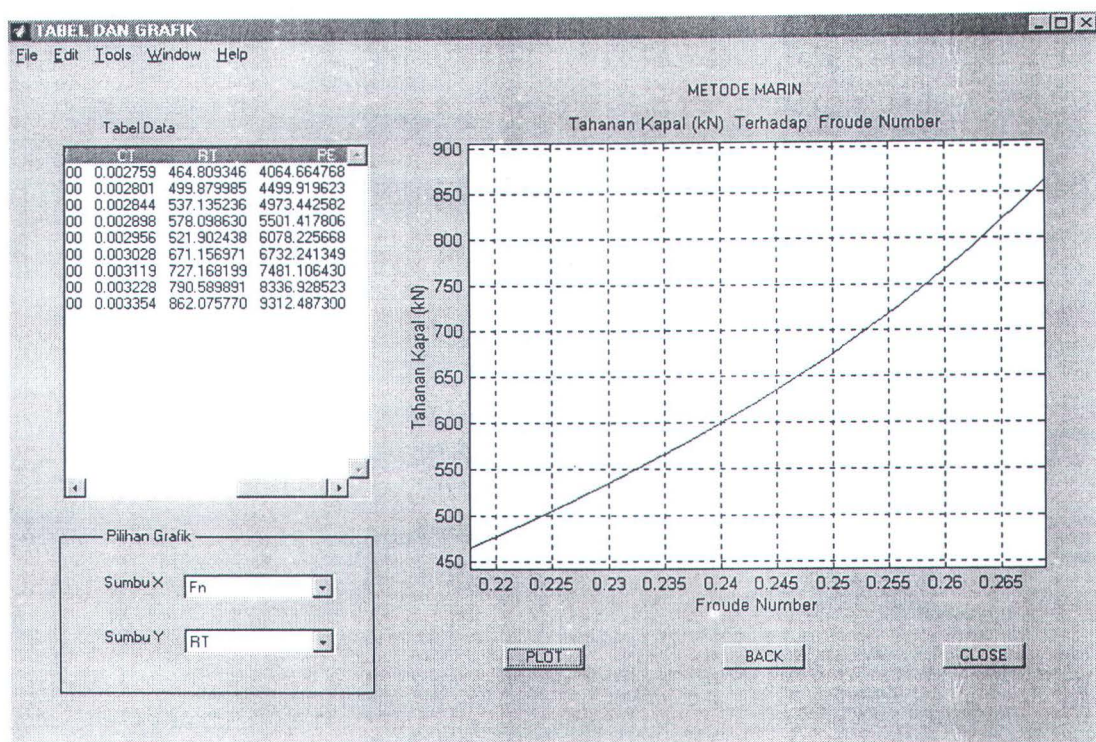
FROUDE

HITUNG

GRAFIK

CLOSE

Gambar 6. Tampilan input untuk Metode Modern MARIN



Gambar 7. Tabel dan grafik hasil perhitungan dengan Metode Modern MARIN

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL
File Edit Tools Window Help

PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL METODE FROUDE

Data Kapal			Kecepatan(knot)				
L ship	164.56	m	L model	5.945	m	Dari	17
WSA ship	4297.9	m ²	WSA model	5.6095	m ²	Sampai	21
Rho ship	1025	kg/m ³	Rho model	1000	kg/m ³		
Lambda	27.68		Nu model	8.39e-7	m ² /s		
Nu ship	8.53e-7	m ² /s	Rt model	30.86	N		
CA	0.00049		(1+k)	1.149			

HOLTROP

HUGHES

MARIN

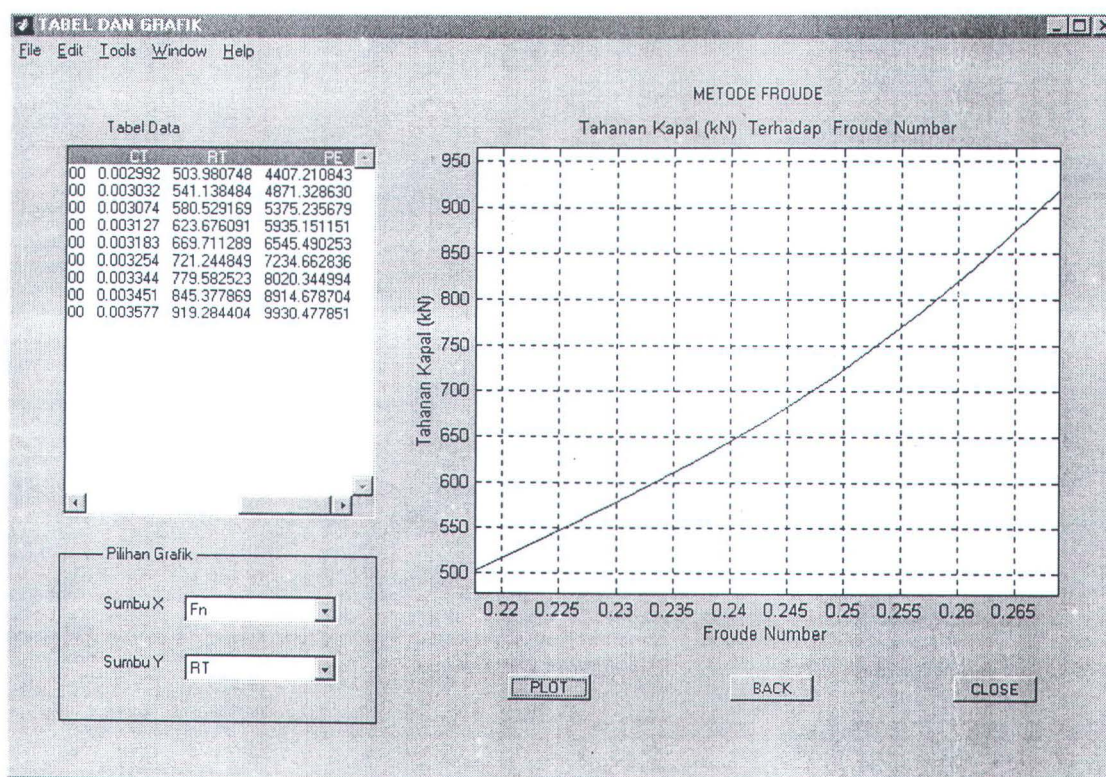
FROUDE

HITUNG

GRAFIK

CLOSE

Gambar 8. Tampilan input untuk Metode Ekstrapolasi Froude



Gambar 9. Tabel dan grafik hasil perhitungan dengan Metode Ekstrapolasi Froude

LAMPIRAN D
LISTING PROGRAM

```
%=====
%          PROGRAM PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL
%          METODE HOLTROP
%=====

%Inisialisasi

RT=[ ]; Rt=[ ];A=[ ];

%Input Data Kapal

Lwl=str2num(get(data1,'String'));
B=str2num(get(data2,'String'));
T=str2num(get(data3,'String'));
S1=str2num(get(data4,'String'));
CB=str2num(get(data11,'String'));
CM=str2num(get(data12,'String'));
CP=str2num(get(data13,'String'));
BT=B/T;
Lambda=str2num(get(data14,'String'));
Vdisp=str2num(get(data15,'String'));
W=str2num(get(data16,'String'));
Velocity1=str2num(get(data17,'String'));
Velocity2=str2num(get(data18,'String'));
Nu=str2num(get(data6,'String'));
oneplusk=str2num(get(data5,'String'));
CA=str2num(get(data7,'String'));
choosen=get(popmenu1,'Value');
rho=1.025;
Stot=S1;
N=(Velocity2-Velocity1)*10+1;

%Pemilihan Bulb

indikator=get(radiobuton1,'Value');
if indikator==1,
    C2=1;
else
    hB=str2num(get(data19,'String'));
    ABT=str2num(get(data20,'String'));
    Tf=str2num(get(data21,'String'));
    GamaB=0.56*ABT^0.5;
    i=Tf-hB-0.4464*GamaB;
    C2=2.7183^-1.89*ABT*GamaB/(B*T*(GamaB+i));
end

%Buka File
fid2= fopen('labelholtrop.m','w');
fprintf(fid2,'Vs  Fn  Rn  CF  CV  CW  CT  RT  PE \n');
fclose(fid2);
fid1 = fopen('dataholtrop.m','w');
fclose(fid1);

h = waitbar(0,'Tunggu Sebentar...');
```


%Perulangan perhitungan tahanan untuk N kali kecepatan

for i=1:N,

Vs=((i-1)/10+Velocity1)*0.5144;

V=Vs;

L=Lwl;

Rn=V*L/Nu;

CF=0.075/(log10(Rn)-2)^2;

Fn=V/sqrt(9.81*L);

BL=B/L;

if (BL<0.11),

C4=0.2296*BL^0.3333;

elseif (BL>=0.11)&(BL<=0.25),

C4=B/L;

elseif (BL>0.25),

C4=0.5-0.0625*L/B;

end

iE=15;

TB=T/B;

AT=0;

d=-0.9;

C3=1-(0.8*AT/B*T*CM);

if CP<=0.8,

C5=8.0798*CP-13.8673*CP^2+6.9844*CP^3;

elseif CP>0.8,

C5=1.7301-0.7067*CP;

end

L3V=L^3/Vdisp;

if L3V<512,

C6=-1.69385;

elseif (L3V>=512)&(L3V<=1727),

C6=1.69385+(L/Vdisp^(1/3)-8)/2.36;

elseif L3V>1727,

C6=0;

end

LB=L/B;

if LB<12,

Lamda=1.446*CP-0.03*LB;

elseif LB>=12,

Lamda=1.446*CP-0.36;

end

m2=C6*0.4*2.7183^(-0.034*Fn^-3.29);

if Fn<0.4,

C1=2223105*C4^3.7861*TB^1.0796*(90-iE)^-1.3757;

m1=(0.01404*L/T)-(1.7525*Vdisp^(1/3)/L)-(4.7932*B/L)-C5;

RwW=C1*C2*C3*2.7183^(m1*Fn^d+m2*cos(Lamda*Fn^-2));

elseif (Fn>0.55),

C1=6919.3*CM^-1.3346*(Vdisp/L^3)^2.0098*(L/B-2)^1.4069;

m1=-7.2035*(B/L)^0.3269*(T/B)^0.6054;

RwW=C1*C2*C3*2.7183^(m1*Fn^d+m2*cos(Lamda*Fn^-2));

elseif (Fn>=0.4)&(Fn<=0.55),

C14=2223105*C4^3.7861*TB^1.0796*(90-iE)^-1.3757;

```

C15=6919.3*CM^-1.3346*(Vdisp/L^3)^2.0098*(L/B-2)^1.4069;
m14=(0.01404*L/T)-(1.7525*Vdisp^(1/3)/L)-(4.7932*B/L)-C5;
m15=-7.2035*(B/L)^0.3269*(T/B)^0.6054;
m24=C6*0.4*2.7183^(-0.034*0.4^-3.29);
m25=C6*0.4*2.7183^(-0.034*0.55^-3.29);
RwW4=C1*C2*C3*2.7183^(m14*0.4^d+m24*cos(Lamda*0.4^-2));
RwW5=C1*C2*C3*2.7183^(m15*0.55^d+m25*cos(Lamda*0.55^-2));
RwW=RwW4+((10*Fn-4)*(RwW5-RwW4)/1.5);
end

if choosen==1,
estern=-25;
elseif choosen==2,
estern=-10;
elseif choosen==3,
estern=0;
elseif choosen==4,
estern=10;
end

e=1+0.011*estern;
CFo=0.075/(log10(Rn)-2)^2;
Rv=0.5*rho*V^2*CFo*oneplusk*S1;
CV=CFo*oneplusk;
CW=RwW*W/(0.5*rho*V^2*Stot);

%RUMUS TAHANAN TOTAL
RTs(i)=0.5*rho*V^2*Stot*(CF*oneplusk+CA)+RwW*W;
CT=RTs(i)/(0.5*rho*V^2*Stot);
PE(i)=RTs(i)*V;
k=rem(i,5);
if k==1,
j=fix(i/5)+1;
RT(j)=RTs(i);
fid1 = fopen('dataholtrop.m','a');
fprintf(fid1,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %f %f\n',...
Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(j),PE(i));
fid2 = fopen('labelholtrop.m','a');
fprintf(fid2,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %f %f\n',...
Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(j),PE(i));

end

waitbar(i/N,h);

end
close(h);
fclose(fid1);
fclose(fid2);
tabel='labelholtrop.m';
grafik='dataholtrop.m';
versus=['Vs ','Fn ','Rn ','CF ','CV ','CW ','CT ','RT ','PE '];

```



```
%=====
% PROGRAM PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL METODE HUGHES
%=====
```

```
% Inisialisasi
```

```
RT=[ ]; Rt=[ ];A=[ ];
```

```
% Inputan data kapal
```

```
Lwl=str2num(get(data1,'String'));
B=str2num(get(data2,'String'));
T=str2num(get(data3,'String'));
CB=str2num(get(data4,'String'));
CP=str2num(get(data5,'String'));
CM=str2num(get(data6,'String'));
Velocity1=str2num(get(data20,'String'));
Velocity2=str2num(get(data21,'String'));
S=str2num(get(data7,'String'));
rho=str2num(get(data8,'String'));
Nu=str2num(get(data9,'String'));
oneplusk=str2num(get(data10,'String'));
Vw=2.5*0.5144;
delta=19.5;
a=0.5;
Ba=B*a;
```

```
pilihan=get(radiobutton1,'Value');
pilihan3=get(popmenu3,'Value');
loop=(Velocity2-Velocity1)*10+1;
```

```
%Buka File
```

```
if pilihan==1,
    fid2 = fopen('labelhughes.m','w');
    fprintf(fid2,'Vs Fn Rn CF CV CW CT PE\n');
    fclose(fid2);
else
    fid2 = fopen('labelhughes.m','w');
    fprintf(fid2,'Vs Fn Rn CV CW CT RT PE\n');
    fclose(fid2);
end
```

```
fid1= fopen('datahughes.m','w');
fclose(fid1);
```

```
h = waitbar(0,'Tunggu Sebentar...');
```

```
%Menghitung Tahanan Kapal sampai N kali
```

```
for g=1:loop,
    Vs=((g-1)/10+Velocity1)*0.5144;
    V=Vs;
    Fn=V/sqrt(9.81*Lwl);
    Rn=V*Lwl/Nu;
    if pilihan3==1,
        wave22;
        CW=CWave;
```

```

else
    Rw=(rho*Ba*(V+Vw)^2*(1-cos(delta)))/(2*3.1416);
    CW=Rw/(rho/2*V^2*S);
end
C=fix((0.075/(log10(Rn)-2)^2)*1e5);
if pilihan==1,
    pilihan1=get(popmenu1,'Value');
    if pilihan1==1,
        for k=1:10000,
            CF1=(k+C*100)/1e+7;
            CF=(0.242/log10(Rn*CF1))^2;
            CF2=round(1e+7*(0.242/log10(Rn*CF1))^2);
            CF3=fix(1e+7*(0.242/log10(Rn*CF1))^2);
            if (CF2==(k+C*100))|(CF3==(k+C*100)),
                break;
            end
        end
    elseif pilihan1==2,
        CF=0.455/(log10(Rn))^2.68;
    elseif pilihan1==3,
        CF=0.067/(log10(Rn)-2)^2;
    elseif pilihan1==4,
        CF=0.075/(log10(Rn)-2)^2;
    elseif pilihan1==5,
        CF=0.02058*Rn^(-1/8);
    end

    CT=oneplusk*CF+CW;
else
    pilihan2=get(popmenu2,'Value');
    if pilihan2==1,
        for k=1:10000,
            CF1=(k+C*100)/1e+7;
            CFschroen=(0.242/log10(Rn*CF1))^2;
            CF3=fix(1e+7*(0.242/log10(Rn*CF1))^2);
            if (CF2==(k+C*100))|(CF3==(k+C*100)),
                break;
            end
        end
        CV=(1+0.5*B/Lwl+3*(B/Lwl)^3)*CFschroen;
    else
        for k=1:10000,
            CF1=(k+C*100)/1e+7;
            CFschroen=(0.242/log10(Rn*CF1))^2;
            CF2=round(1e+7*(0.242/log10(Rn*CF1))^2);
            if CF2==(k+C*100),
                break;
            end
        end
        CV=(1+33.8*CB^2*(B/Lwl)^2*(T/B))*CFschroen;
    end
    CT=CV+CW;
end
RTs=CT*(1/2*rho*V^2*S);
PE(g)=RTs*Vs;
RT(g)=RTs;
l=rem(g,5);
if pilihan==1,
    CV=0;

```



```

fid1 = fopen('datahughes.m','a');
fprintf(fid1,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %6.2f %6.2f\n',...
    Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(g),PE(g));
fid2 = fopen('labelhughes.m','a');
fprintf(fid2,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %6.2f %6.2f\n',...
    Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(g),PE(g));
else
    CF=0;
    fid1 = fopen('datahughes.m','a');
    fprintf(fid1,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %6.2f %6.2f\n',...
        Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(g),PE(g));
    fid2 = fopen('labelhughes.m','a');
    fprintf(fid2,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %6.2f %6.2f\n',...
        Vs/0.5144,Fn,Rn,CF,CV,CW,CT,RT(g),PE(g));
end

waitbar(g/loop,h);

end
close(h);
fclose(fid1);
fclose(fid2);
tabel='labelhughes.m';
grafik='datahughes.m';
if pilihan==1,
    versus=['Vs ','Fn ','Rn ','CF ','CV ','CW ','CT ','RT ','PE '];
else
    versus=['Vs ','Fn ','Rn ','CF ','CV ','CW ','CT ','RT ','PE '];
end

%=====
%
%                PROGRAM PERHITUNGAN CW EGGERS
%                Nama Program : wave22.m
%=====

Z0=[];Z=[];Ys=[];Y0=[];X0=[];X=[];
SOURCE=[];STHE=[];RWPM=[];RWM=[];OMG=[];
NON_DIM_Y=[];KSI=[];KM=[];ETA=[];DZs=[];
DZ=[];DX=[];CWM=[];CTHE=[];
clc;
format short g;
MMAX=501;
MNOB=3;
MNSOURCE=1500;
G=9.81;
RO= 1000;
NOB=1;
W=str2num(get(data11,'String'));
H=str2num(get(data12,'String'));
L=str2num(get(data13,'String'));
BB=str2num(get(data14,'String'));
TT=str2num(get(data15,'String'));
WS=str2num(get(data16,'String'));
YS=str2num(get(data17,'String'));

%reading hull data
MX=50;
XS=-50;
MZ=20;

```

```

ZS=0;
if (MX*MZ) > MNSOURCE,
    MNSOURCE
end
XS=XS*L/100;
ZS=ZS*TT/100;
fid=fopen('mx.m','r');
DX=fscanf(fid,'%f',MX)*L/100;
fclose(fid);
fid=fopen('mz.m','r');
DZs=fscanf(fid,'%f');
DZ=reshape(DZs,MX+1,MZ)*TT/100;
fclose(fid);
fid=fopen('nondimy.m','r');
Ys=fscanf(fid,'%f');
Y=(reshape(Ys,MZ+1,MX+1)*BB/200);
NON_DIM_Y=(reshape(Ys,MZ+1,MX+1));
fclose(fid);
Fn=V/(9.81*Lwl)^0.5;
U=Fn*(9.81*L)^0.5;
MMAX=str2num(get(data18,'String'));
DEGM=str2num(get(data19,'String'));
K0=G/U^2;
M=0;
crcons;

X(1)=XS;
for i=2:(MX+1),
    X(i)=X(i-1)+DX(i-1);
end
for i=1:(MX+1),
    Z(i,1)=ZS;
    for j=2:(MZ+1)
        Z(i,j)=Z(i,j-1)-DZ(i,j-1);
    end
end

DZ(50,21)=0;
CONS=-0.5*U/3.1416;
fid = fopen('X0Y0Z0SOURCEAREA.m','w');
fprintf(fid,' N    X0    Z0    Y0    SOURCE    AREA    \n');
fid = fopen('X0Y0Z0SOURCEAREA.m','a');

for i=1:MX;
    for j=1:MZ;
        N=j+(i-1)*MZ;
        DIF=(Y(i+1,j)+Y(i+1,j+1)-Y(i,j)-Y(i,j+1))/2;
        SOUR=CONS*DIF/DX(i);
        AREA=DX(i)*0.5*(DZ(i,j)+DZ(i+1,j));
        SOURCE(N)=SOUR*AREA;
        X0(N)=DX(i)^2*DZ(i+1,j)/(6*AREA)+(DX(i)/3)+X(i);
        CTA=(((-1)*DZ(i,j)-(Z(i+1,j)-Z(i,j))/2)/3)+((Z(i+1,j)-Z(i,j))/2);
        CTB=(((-1)*DZ(i+1,j)-(Z(i,j+1)-Z(i+1,j))/2)/3)+Z(i+1,j)-Z(i,j);
        ZA=CTB-CTA;
        ZB=ZA*DX(i)*0.5*DZ(i+1,j);
        ZC=ZB/AREA;
        ZD=ZC+CTA+Z(i,j);
        Z0(N)=0.5*(Z(i,j+1)+Z(i,j));
        Y0(N)=YS;
    end
end

```



```

    njaraki2;
end
end
fclose(fid);
NSOURCE=MX*MZ;

CONS=16*3.1416*U/(G*W);
for M=0:MMAX,
    MM=M+1;
    KH=KM(MM)*H;
    if KH>20,
        SECHKH=0;
    else
        SECHKH=1/cosh(KH);
    end
    TERM11=(K0+KM(MM)*CTHE(MM)^2);
    TERM1=TERM11/(1-K0*H*SECHKH^2+STHE(MM)^2);
    TOTKSI=0;
    TOTETA=0;
    for N=1:NSOURCE;
        KZ=KM(MM)*Z0(N);
        KHZ=-1*KM(MM)*(Z0(N)+2*H);
        if KZ<-20,
            EXPKZ=0;
        else
            EXPKZ=exp(KZ);
        end
        if (KHZ < -20),
            EXPKHZ=0;
        else
            EXPKHZ=exp(KHZ);
        end
        TERM2=0.5*(EXPKZ+EXPKHZ);
        SY0=sin(M*3.1416*Y0(N)/W);
        CY0=cos(M*3.1416*Y0(N)/W);
        XKSI=cos(OMG(MM)*X0(N));
        XETA=sin(OMG(MM)*X0(N));
        if (rem(M,2))~=0,
            KSIT=SOURCE(N)*TERM2*XKSI*SY0;
            ETAT=SOURCE(N)*TERM2*XETA*SY0;
        else
            KSIT=SOURCE(N)*TERM2*XKSI*CY0;
            ETAT=SOURCE(N)*TERM2*XETA*CY0;
        end
        TOTKSI=TOTKSI+KSIT;
        TOTETA=TOTETA+ETAT;
    end
    KSI(MM)=CONS*TERM1*TOTKSI;
    ETA(MM)=CONS*TERM1*TOTETA;
    if M==0,
        KSI(MM)=0.5*KSI(MM);
        ETA(MM)=0.5*ETA(MM);
    end
end

TOT=0;
TOT=WS+TOT;
NONDIM=0.5*RO*TOT*U^2;
CON=0.25*RO*G*W;

```

```

if (2*K0*H > 20),
    SHK0H=0;
else
    SHK0H=2*K0*H/sinh(2*K0*H);
end

```

```

RWM(1)=CON*(1-SHK0H)*(KSI(1)^2+ETA(1)^2);
CWM(1)=RWM(1)/NONDIM;
TOTRW=RWM(1);

```

```

for M=1:MMAX,
    MM=M+1;
    if ((2*KM(MM)*H)>80),
        SHKH=0;
    else
        SHKH=2*KM(MM)*H/sinh(2*KM(MM)*H);
    end

```

```

CO=(1-0.5*CTHE(MM)^2*(1+SHKH));
RWM(MM)=CON*CO*(KSI(MM)^2+ETA(MM)^2);
CWM(MM)=RWM(MM)/NONDIM;
TOTRW=TOTRW+RWM(MM);
end
RW=TOTRW;
CWave=RW/NONDIM;

```

```

fid = fopen('MMTHEMKSI.m','w');
fprintf(fid,' MM   THEM   KSI   ETA   RWM   CWM \n');
fid = fopen('MMTHEMKSI.m','a');
for M=0:MMAX,
    MM=M+1;
    RWPM(MM)=RWM(MM)/RW*100;
    njaraki;
end
fclose(fid);

```

```

%=====
%          PROGRAM FUNGSI CRCONS
%          Nama : crcons.m
%=====

```

```

MM=M+1;
X=M*3.1416/W;
TOL=0.0001;
MAXITE=50;
%newton;
K=K0*(1+(1+(2*X/K0)^2)^0.5)/2;
ITOTAL=0;
newton2;

```

```

KM(MM)=KNEW;

```

```

STHE(MM)=X/KM(MM);
THET=asin(STHE(MM));
CTHE(MM)=cos(THET);
OMG(MM)=KM(MM)*CTHE(MM);

```



```

THE(MM)=THET*180/3.1416;
if M<MMAX,
    M=M+1;
    crcons;
end
if ((THE(MM)<DEGM)&(MM<MMAX)),
    M=M+1;
    crcons;
end
DEGM=THE(MM);
MMAX=M;

```

```

%=====
%      PROGRAM NEWTON RAPHSONS
%      Nama : newton2.m
%=====

```

```

ITOTAL=ITOTAL+1;
KH2=2*K*H;
if KH2>10,
    EXPKH2=0;
else
    EXPKH2=exp(-1*KH2);
end
THKH2=(1-EXPKH2)/(1+EXPKH2);
FK=K*K-K0*THKH2*K-X^2;

KH=K*H;
if KH>20,
    SECHKH=0;
else
    SECHKH=1/cosh(K*H);
end
FDK=2*K-K0*THKH2-K0*H*K*SECHKH^2;

if abs(FDK)<TOL,
    fprintf('derivatif dari F(K) = 0\n');
end
KNEW=K-FK/FDK;

if ((abs(FK)/abs(K))<TOL),

else
    if (abs(KNEW-K)/(abs(KNEW)+abs(K)))>TOL,
        K=KNEW;
        if ITOTAL<MAXITE,
            newton2;
        else
            fprintf('Not Converging After');
            fprintf(int2str(MAXITE));
        end
    end
    K=KNEW;
end

```

```

%=====
%                               PROGRAM PERHITUNGAN TAHANAN KAPAL
%                               METODE MARIN
%=====

% Inisialissi

Rtm=[ ];CTs=[ ];RTs=[ ];x=[ ];CTm=[ ];CFm=[ ];CFs=[ ];Velocity1=[ ];Velocity2=[ ];
A=[ ];RT=[ ];

%Input Data Kaoal

Ls =str2num (get(data1,'String'));
S =str2num (get(data2,'String'));
rhos =str2num (get(data3,'String'));
lambda =str2num (get(data4,'String'));
nus =str2num (get(data5,'String'));
CA =str2num (get(data11,'String'));
Lm =Ls/lambda;
rhoM=str2num (get(data12,'String'));
Sm =S/lambda^2;
num =str2num (get(data13,'String'));
RTm=str2num (get(data14,'String'));
oneplusk=str2num (get(data15,'String'));
Velocity1=str2num(get(data20,'String'));
Velocity2=str2num(get(data21,'String'));
selisih=(Velocity2-Velocity1)*2+1;

fid2 = fopen('labelmarin.m','w');
fprintf(fid2,'Vs      Fn      Rn      CF      CV      CW      CT      RT      PE \n');
fclose(fid2);
fid1 = fopen('datamarin.m','w');
fclose(fid1);

h = waitbar(0,'Tunggu Sebentar...');

%perhitungan tahanan untuk N kali kecepatan

for k=1:selisih,
Rm=RTm(k);
Vs=((k-1)/2+Velocity1)*0.5144;
Vm=Vs/(lambda)^0.5;
Rnm = Vm * Lm/num;
CFm = 0.075/((log10(Rnm)-2)^2);
CTm = Rm/(0.5*rhoM*(Vm)^2*Sm);

Rns =Vs*Ls/nus;
CFs = 0.075/((log10(Rns)-2)^2);
Fd=0.5*rhoM*Vm^2*Sm*(oneplusk*(CFm -CFs )-rhoM/rhos*CA);
RTs(k) =(Rm-Fd)*lambda^3*rhos/rhoM;
CTs = RTs(k)/(0.5*rhos*Vs^2*S);
PE(k)=RTs(k)*Vs/1000;
RT(k)=RTs(k)/1000;
Fn=Vs/sqrt(9.81*Ls);
CV=oneplusk*CFs;
CW=0;
fid1 = fopen('datamarin.m','a');
fprintf(fid1,'%3.1f %f %f %f %f %f %f %f %f\n',...
Vs/0.5144,Fn,Rns,CFs,CV,CW,CTs,RT(k),PE(k));

```




PETUNJUK PENGUJIAN/PEMERIKSAAN
UNTUK BANGUNAN KAPAL BARU

Project.

MH THAMRIN
PB1600

TEST RECORD FOR NEW SHIPBUILDING

No. Kapal : M000155
Ship No.

No. Gambar :
Drawing No.

Hal : 3
Page.

Dari : 27
From.

1. PERCOBAAN KECEPATAN
Progressive Speed Trial

TANGGAL PERCOBAAN Date of Test	12-May-00	TEMPERATUR Temperature	UDARA Air	30° C
TEMPAT PERCOBAAN Place of Test	JAVA SEA		AIR LAUT Sea water	29° C
KEDALAMAN LAUT Depth of Sea	53 METER	SARAT Draft	DEPAN Fore	3.15 M
JARAK PENGUKURAN Measuring Space	-	TANDA SARAT Draft Marks	FP	3.10 M
KEADAAN LAUT Sea Condition	2 - 3 knot / wind LIGHT AIR (4)		TENGAH Middle	4.85 M
CUACA Wheather	BLUE SKY	FP & AP	BELAKANG Aft	6.80 M
DISPLACEMENT Displacement	13948 T	PERBEDAAN SARAT Trim	AP	7.05 M
		KETENGGELAMAN PROPELLER Propeller Immersion		3.95 M
				52.42 %

RUN NO.	1	2	3	4	5	6	7	8
PUTARAN MESIN UTAMA Engine revolution (RPM)	110	110	118	118	123	123	125.5	125.5
ARAH HALUAN KAPAL Heading angle (Deg.)	000	180	000	180	000	180	180	000
KECEPATAN ANGIN RELATIF Relative wind speed (knot)	5.8 - 8.0	26.5-28.0	9.9 - 11.3	25.1-29.0	11.9-13.6	22.1-26.3	22.0-23.6	13.0-14.4
ARAH ANGIN THD. HALUAN Wind direction off bow (deg.)	15° P	15° S	10° P	10° S	10° P	15° S	20° S	10° P
WAKTU PERCOBAAN Time during the test (minute)	15	15	15	15	15	15	15	15
KECEPATAN KAPAL (GPS) Ship speed by GPS (knot)	18.8	18.7	20.0	19.9	20.4	20.4	20.9	20.6
KECEPATAN RATA-RATA Mean of Ship speed	18.75 50 %		19.95 75 %		20.40 85 %		20.75 100 %	
	9033 HP		13955		15 583		18200	